

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年8月21日 (21.08.2003)

PCT

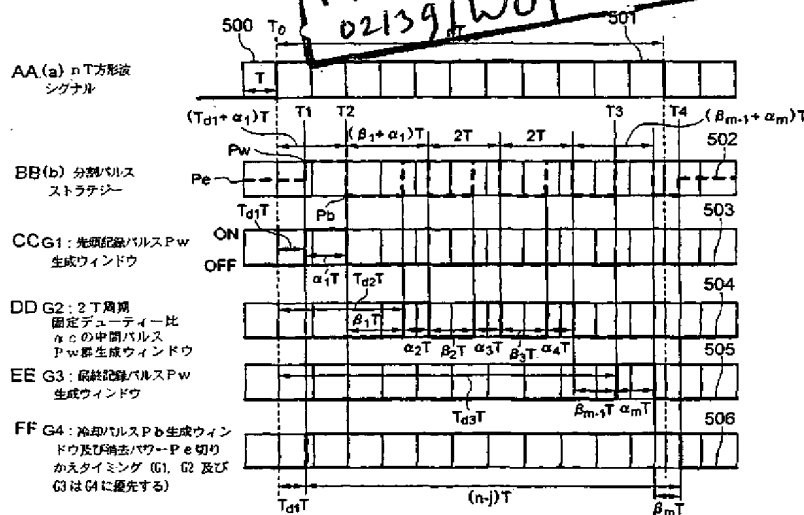
(10) 国際公開番号
WO 03/069602 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G11B 7/0045, 7/24 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱化学株式会社 (MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目5番2号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/01509
- (22) 国際出願日: 2003年2月13日 (13.02.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者: および
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大野 孝志 (OHNO, Takashi) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内 Kanagawa (JP). 久保 正枝 (KUBO, Masae) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内 Kanagawa (JP). 堀江 通和 (HORIE, Michikazu) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内 Kanagawa (JP). 水野 正明 (MIZUNO, Masaaki) [JP/JP]; 〒227-8502 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内 Kanagawa (JP). 星野 博幸 (HOSHINO, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒227-8502
- (30) 優先権データ:
特願2002-34827 2002年2月13日 (13.02.2002) JP
特願2002-74818 2002年3月18日 (18.03.2002) JP
特願2002-126491 2002年4月26日 (26.04.2002) JP
特願2002-317858 2002年10月31日 (31.10.2002) JP
特願2002-344557 2002年11月27日 (27.11.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: REWRITABLE OPTICAL RECORDING MEDIUM AND OPTICAL RECORDING METHOD

(54) 発明の名称: 書換え型光記録媒体及び光記録方法

MAT.
DOSSIER

AA... (a) nT SQUARE WAVE SIGNAL
BB... (b) DIVIDED PULSE STRATEGY
CC... G1: FIRST Pw PULSE WINDOW
DD... G2: MIDDLE Pw PULSES WINDOW
EE... G3: LAST Pw PULSE WINDOW
FF... G4: COOLING PULSES Pb WINDOW AND SWITCHING
Pe (G1, G2, AND G3 ARE PREFERRED TO G4)

(57) Abstract: While maintaining compatibility with the CD-RW standard and the rewritable DVD standard, it is possible to provide a CD-RW capable of high-speed recording of 24-time speed or higher and a rewritable DVD capable of high-speed recording of 6-time speed or higher as well as their recording method. A rewritable optical recording medium having a substrate and a phase change recording layer. A crystal portion is in a non-recorded state/erase state and an amorphous portion is in a recorded state. Information subjected to EFM modulation is recorded by applying a recording light to form an amorphous mark in a groove. The rewritable optical recording medium is characterized in that a linear velocity of 1.2 m/s to 1.4 m/s is made a reference speed (1-time speed) and at 24-time speed or at 32-time speed, when a recording light of wavelength of about 780 nm is applied via an optical system of NA = 0.5 or NA = 0.55 for recording, the modulation degree m₁₁ of the recording signal is 60 to 80%, the upper end value R_{wp} of the reflectance in the eye pattern is 15 to 25%, and the jitter is 35 nsec or below.

[続葉有]

WO 03/069602 A1



神奈川県 横浜市 青葉区鴨志田町1000番地 三菱化学株式会社内 Kanagawa (JP). 岡室 昭男 (OKAMURO, Akio) [JP/JP]; 〒108-0014 東京都港区 芝5丁目31番地19号 三菱化学メディア株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 泉名 謙治, 外 (SENMYO, Kenji et al.); 〒101-0042 東京都千代田区 神田東松下町38番地 鳥本鋼業ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM,

PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

従来のCD-RW規格及び書き換え型DVD規格と互換性を維持しつつ、2.4倍速以上の高速記録を可能とするCD-RW、6倍速以上の高速記録を可能とする書き換え型DVD、及びその記録方法を提供する。

基板と相変化型記録層を有してなり、結晶状態の部分に未記録状態・消去状態とし、非晶質の部分に記録状態とし、EFM変調された情報を、記録光を照射し該溝内に非晶質マークを形成することにより記録するための書き換え型光記録媒体であって、

線速1.2 m/s ~ 1.4 m/sを基準速度(1倍速)としたとき、基準速度の2.4倍速又は3.2倍速において、

波長約780 nmの記録光を、開口数NA=0.5又はNA=0.55の光学系を通して照射し記録した場合、記録信号の変調度 m_{11} が60%~80%で、アイパターンにおける反射率の上端値 $R_{1.0p}$ が15%~25%で、且つジッタが35 nsec以下であることを特徴とする書き換え型光記録媒体。

明 細 書

書換え型光記録媒体及び光記録方法

技術分野

本発明は、従来のCD-ROM又はDVD(-ROM)規格で規定される再生専用媒体と再生互換性を有する書換え可能な光記録媒体(本発明においては書き換え可能な光記録媒体を単に光記録媒体、媒体、光ディスク、又はディスクという場合がある。)とその記録方法に関する。特に、20m/s以上の高倍速の線速度における1ビームオーバーライト可能な書き換え型光記録媒体を提供する。さらに、広範囲の記録線速度で良好な記録を行うことができる記録方法を提供する。

背景技術

一般にコンパクトディスク(CD)又はデジタルバーサタイルディスク(DVD)は、凹ピットの底部及び鏡面部からの反射光の干渉により生じる反射率変化を利用して2値信号の記録及びトラッキング信号の検出が行われている。

近年、CD又はDVDと互換性のある光記録媒体として、相変化型の書換え型コンパクトディスク(CD-RW、CD-Rewritable)又は、相変化型の書き換え型DVD(商品名: DVD-RW、DVD+RW、本明細書では書き換え型DVDをRW-DVDという場合がある。)が使用されている。

相変化型のCD-RW又はRW-DVDは、非晶質と結晶状態の屈折率差によって生じる反射率差および位相差変化を利用して記録情報信号の検出を行う。通常の相変化型のCD-RW又はRW-DVDは、基板上に下部保護層、相変化型記録層、上部保護層、反射層を設けた構造を有し、これら層の多重干渉を利用して反射率差および位相差を制御しCD又はDVDと互換性を持たせることができる。なお、CD-RW又はRW-DVDにおける記録とは、記録と消去を同時に行うオーバーライト記録をいう。

この結果、反射率70%以上という高反射率まで含めた互換性は困難であるものの、反射率をCD-RWでは15~25%、RW-DVDでは18~30%に

落とした範囲内では記録信号及び溝信号の互換性が確保でき、反射率の低いことをカバーするための増幅系を再生系に付加すれば現行の再生専用CDドライブ又はDVDドライブで再生が可能である。

しかし、CD-RW、RW-DVDを利用する場合の問題点のひとつに記録速度と転送レートの遅さがある。

CDの記録再生時の基準速度（以下、1倍速とも称する）は、線速度（本明細書においては、「線速度」を単に「線速」という場合がある。） $1.2 \sim 1.4 \text{ m/s}$ であるが、CD-ROMではすでに最大40倍速程度の高速再生が実現されており、1倍速という低速で利用されるのは音楽や画像の再生程度に限られる。一般に、16倍速再生まではCD本来の一定線速度モード（CLV、Constant Linear Velocity）であるが、24～40倍速再生は、一定回転速度モード（CAV、Constant Angular Velocity）を適用することで外周部データの転送レート、アクセス及びシーク時間が飛躍的に高速化されている。

CD-RWにおいても記録の高速化は進んでいるがCLVモードで高々12倍速程度までにとどまっている。通常、CD-RWは1倍速で全面に記録すると74分（又は63分）もの時間を要し、12倍速であっても6分程度かかってしまう。しかし20倍速であれば5分以内で記録ができ、音楽・映像などの大量データ記録にCD-RWの用途を大きく広げることができる。

また、現在コンピュータの外部記憶装置としては、すでにCD-Rが記録時24倍速を達成しており、CD-RWにおいても記録時転送レートを上げることが望まれている。

一方、DVDの再生時の基準速度（以下、1倍速とも称する）は、線速度 3.49 m/s であるが、DVD-ROMではすでに最大16倍速程度の高速再生が実現されており、1倍速という低速で利用されるのは音楽や画像の再生程度に限られる。

RW-DVDにおいても記録の高速化は進んでいるがCLVモードで高々2.4倍速程度までにとどまっている。通常、RW-DVDは1倍速で全面に記録すると約60分もの時間を要し、2.4倍速であっても25分程度かかってしまう。しかし6倍速であれば10分以内で記録ができ、音楽・映像などの大量データ記

録にRW-DVDの用途を大きく広げることができる。

このため、より高速で記録できる相変化媒体と記録方法が求められていた。

しかし、CDの20倍速以上、RW-DVDの6倍速以上の高線速まで記録可能な書き換え型相変化媒体は、未だ実現されていない。これは、線速度20m/sを越えるような高線速度でのオーバーライト可能な書き換え型CD、DVD媒体が未だ実現されていないことを意味する。

このような書き換え型相変化媒体が実現できない第一の理由は、非晶質マークの高速結晶化による短時間の消去と、非晶質マークの経時安定性とを両立させるのが困難だからである。

例えば、1～4倍速でオーバーライト記録可能なCD-RWや2.4倍速程度までオーバーライト記録可能なRW-DVDの記録層材料として用いられるSbTe合金を主成分とする記録材料は、Sb含有量を相対的に増やすことで高速結晶化でき線速度20m/s以上でのオーバーライト記録が可能である。しかし、本発明者らの検討によれば、Sb量の増大は一方で、非晶質マークの経時安定性を著しく損ねてしまい、室温なら1～2年以内で、記録装置内部の50～80℃という高温環境であれば数日で、再生不可能なまでに非晶質マークが再結晶化により消えてしまう。あるいは、1mW以下のレーザー光ビームによる数百回～数千回程度の再生によって非晶質マークが消え始めるという深刻な問題もあり、記録媒体としての信頼性を維持できないことがわかった。

この問題を解決する必要があるのに加え、CD-RW又はRW-DVDは、広く普及している再生専用CD-ROMドライブ又はDVD-ROMドライブと再生互換性をとる制約もある。

例えば、再生互換をとるためには、CD-RWの場合、変調度55～70%という高変調度を始めとして反射率15～25%、その他のサーボ信号特性を満足する必要がある。一方、RW-DVDの場合には、再生互換をとるためには変調度55～70%という高変調度を始めとして反射率18～30%、その他のサーボ信号特性を満足する必要がある。

また、24m/s以上の高線速におけるオーバーライト可能なCD-RW、RW-DVDが未だ実現できない第二の理由は、CD-RW規格又はRW-DVD規格ではかなり厳密な記録パルスストラテジー（パルス分割方法）が規定されて

いるためである。

すなわち、CD-RW規格オレンジブック・パート3には、図1に示す記録パルスストラテジーが規定されている。従って現在実用化されている記録装置では、上記記録パルスストラテジー発生用IC回路を用いているのが実情である。従って、現在実用化されている記録装置では、上記記録パルスストラテジー又はこれを若干変更した記録パルスストラテジーをもって、1倍速から8～10倍速までの広範囲な線速度の記録を行わなければならない。

書き換え型DVDの規格である、DVD-RWやDVD+RWでも、同様の記録ストラテジーが規定されている。これら記録ストラテジーの特徴は、 nT マーク長の非晶質マークを $n-1$ 個の記録パルスと冷却パルス（オフパルス）に分割して記録することである。このため、これら記録ストラテジーでは、一对の記録パルスと冷却パルスの繰り返し平均周期が約 $1T$ となっている。

図1(a)はEFM変調された $3T \sim 11T$ の時間的長さを有するデータ信号であり、図1(b)は、該データ信号に基づいて発生される実際の記録光のレーザーパワーである。 P_w は記録層を溶融させ急冷によって非晶質マークを形成するための記録パワー、 P_e は非晶質マークを結晶化によって消去するための消去パワーであり、通常、バイアスパワー P_b は再生光の再生パワー P_r とほぼ同じである。記録パワー P_w 照射区間を記録パルス、バイアスパワー照射区間をオフパルスと称する。

EFM+変調の場合においては、上記 $3 \sim 11T$ の時間的長さを有するデータ信号に $14T$ の時間的長さを有するデータ信号が加わる。

ここで、上記記録ストラテジーでは、記録パルスとオフパルスの繰り返しの周期が基本的に、基準クロック周期 T で一定である。基準クロック周期 T は、高線速記録では、線速度に比例して高周波数化される。

CDの1倍速基準速度では、 $T = 231 \text{ nsec}$ であるが、24倍速では $T = 9.6 \text{ nsec}$ 、32倍速では $T = 7.2 \text{ nsec}$ である。従って、24倍速以上の高線速度記録において図1に示す記録パルスストラテジーを用いる場合、図1における分割された記録パルス及びオフパルスの時間幅は、上記高速記録に伴う高周波数化により、 5 nsec 未満となる。

一方、DVDの1倍速基準速度では、 $T = 38.2 \text{ nsec}$ であるが、6倍速

では、 $T = 6.4 \text{ nsec}$ 、8倍速では $T = 4.8 \text{ nsec}$ である。従って、6倍速以上の高線速度記録においては、図1における分割された記録パルス及びオフパルスの時間幅は、このような高速記録に伴う高周波数化により、 3 nsec 以下となる。

ところで、通常記録パワーのレーザー光照射では、立ち上がり立下りに $1 - 3 \text{ nsec}$ は要する。このため、このような高周波においては、上記立ち上がり立下り時間が無視できなくなり、記録パルス区間の長さ及びオフパルス区間の長さは、実質的にはさらに短くなり、 5 nsec (CD-RWの場合) 又は 3 nsec (RW-DVDの場合) を大幅に下回ることとなる。この際、記録パルスにおける加熱は不十分となり、必要とされる記録パワーが急激に高くなる。一方、オフパルス区間の冷却も不十分となるために、非晶質化に必要な冷却速度が得られなくなる。また、高線速記録のために、CD-RW又はRW-DVDの記録層には、一般に消去速度すなわち結晶化速度の速い材料を用いる。従って、上記オフパルス区間における冷却速度の不足は、いったん熔融された領域の再結晶化を招く。

従って、図1に示す記録パルスストラテジーでは、CD-RWにおける24倍速以上の高速記録、又はRW-DVDにおける6倍速以上の高速記録を行うことは非常に困難となる。

本発明者らの一部は、すでに、このような問題を解決するために、記録パルスとオフパルスとの繰り返しの周期を $2T$ ベースとする分割方法により、CDの16倍速、DVDの5倍速でのオーバーライト記録を実現した (特開2001-331936号公報)。しかしながら、このような $2T$ ベースの分割方法を用いてもなお、CDの24倍速以上又はDVDの6倍速以上では、上記した通り、高線速記録のための高い結晶化速度を有する材料を用いる必要がある一方で、このような材料を用いると、冷却速度が不足することによる再結晶化現象がよりいっそう深刻となるのである。

本発明の目的は、概ね 20 m/s 以上の高速記録に用いる書き換え型光記録媒体及びその記録方法を提供することにある。

本発明の具体的な目的は、24倍速以上の高線速記録に用いるCD-RW及びその記録方法を提供することにある。より具体的には、CD-RWでは、記録層

が非晶質の状態を記録マークとし、E F M変調による（即ちデータの基準クロック周期 T に対して $3T$ から $11T$ までの時間的長さのマーク長及びマーク間長さの組み合わせによる）マーク長記録を行うことにより、記録信号フォーマットについてはC Dと再生互換を有する書き換え型媒体とその記録方法を提供することにある。

本発明の具体的な目的は、6倍速以上の高線速記録に用いる書き換え型D V D記録媒体及びその記録方法を提供することにある。より具体的には、記録層が非晶質の状態を記録マークとし、E F M + 変調による、即ちデータの基準クロック周期 T に対して $3T$ から $14T$ までの時間的長さのマーク長及びマーク間長さの組み合わせによるマーク長記録を行うことにより、記録信号フォーマットについてはD V Dと再生互換を有する書き換え型媒体とその記録方法を提供することにある。

発明の開示

本発明の第1の要旨は、案内溝が形成された基板と相変化型記録層とを有してなり、該相変化型記録層の結晶状態の部分を未記録・消去状態に対応させ、該相変化型記録層の非晶質状態の部分を記録状態に対応させて、記録光を照射することにより該記録状態に対応する非晶質マークを形成させる書き換え型光記録媒体において、

線速度 1.2 m/s を基準速度（1倍速） V_1 とし、

基準速度の24倍速の線速度 $V = 24 V_1$ 、又は32倍速の線速度 $V = 32 V_1$ のいずれか一つを選び、

基準クロック周期 T が $VT = V_1 T_1$ （ただし、 T_1 は 231 nsec である）であるように保ちながらE F M変調された信号を下記記録方式C D 1-1又は記録方式C D 1-2の条件内の1つの記録方式で10回オーバーライト記録した後に、

1倍速での再生によって得られる記録信号のアイパターンの変調度 m_{11} が $60 \sim 80\%$ であり、記録信号のアイパターンの反射率の上端値 $R_{t.p.}$ が $15 \sim 25\%$ であり、且つ各マーク長及び各マーク間のジッタが 35 nsec 以下、

となることを特徴とする書き換え型光記録媒体に存する。

記録方式CD1-1;

波長780nmの光を、開口数NAが0.5の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は3から11までの整数)としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数)を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.2$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ となるように分割し、

$n = 2m + 1$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数)を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ ($\Delta_1 = 0.3 \sim 0.6$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.3 \sim 0.6$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $20 \sim 40$ mWであり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、1 mW未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、 $\beta_m (= \beta_m')$ 、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m は m によらず一定である。

また、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ m が 3 の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_3, \alpha_3', \beta_3, \beta_3'$ と等しくするとともに、 β_1 を m が 3 の場合の β_1 又は β_2 のいずれかと等しくし、 β_1' を m が 3 の場合の β_1' 又は β_2' のいずれかと等しくする。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

記録方式 C D 1-2 ;

波長 780 nm の光を、開口数 NA が 0.5 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は 3 から 11 までの整数) としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n=2m$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4, \alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.2$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3, \beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3, \alpha_m = 0.7 \sim 1.2, \beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n-j$ となるように分割し、

$n=2m+1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1, \beta_1' = \beta_1, \alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.5 \sim 1.2, \beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n-k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $20 \sim 40$ mW であり、

$P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする)を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間(i は $1 \sim m$ の整数)内には、 1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 $\beta_1 (= \beta_1')$ 、 α_c 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定である。また、 $m=2$ ($n=4, 5$)の場合には、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m=3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする。

$m=1$ ($n=3$)の場合には、一对の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

本発明の第2の要旨は、案内溝が形成された基板と相変化型記録層とを有してなり、該相変化型記録層の結晶状態の部分に未記録・消去状態に対応させ、該相変化型記録層の非晶質状態の部分に記録状態に対応させて、記録光を照射することにより該記録状態に対応する非晶質マークを形成させる書き換え型光記録媒体において、

線速度 3.49 m/s を基準速度(1倍速) V_1 とし、

基準速度の6倍速の線速度 $V=6V_1$ 、8倍速の線速度 $V=8V_1$ 、10倍速の線速度 $V=10V_1$ 、及び、12倍速の線速度 $V=12V_1$ のいずれか一つを選び、

基準クロック周期 T が $VT=V_1 T_1$ (ただし、 T_1 は 38.2 nsec である)であるように保ちながらEFM+変調された信号を下記記録方式DVD1-1又は記録方式DVD1-2の条件内の1つの記録方式で10回オーバーライト記録した後に、

1倍速での再生によって得られる記録信号のアイパターンの変調度 m_{14} が55~80%であり、記録信号のアイパターンの反射率の上端値 $R_{t.o.}$ が18~30%であり、且つ再生信号のクロックジッタが15%以下、

となることを特徴とする書き換え型光記録媒体に存する。

記録方式DVD1-1;

波長 650 nm の光を、開口数 NA が 0.65 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は $3 \sim 11$ の整数と 14)としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.2$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ となるように分割し、

$n = 2m + 1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ ($\Delta_1 = 0.3 \sim 0.6$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.3 \sim 0.6$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を熔融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $10 \sim 40 \text{ mW}$ であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、 1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、 $\beta_m (= \beta_m')$ 、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m は m によらず一定である。

また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$) の場合には、 α_1 、 α_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ m が 3 の場合の α_1 、 α_1' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくするとともに、 β_1 を m が 3 の場合の β_1 又は β_2 のいずれかと等しくし、 β_1' を m が 3 の場合の β_1' 又は β_2' のいずれかと等しくする。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

記録方式 DVD 1-2 ;

波長 650 nm の光を、開口数 NA が 0.65 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は 3 ~ 11 の整数と 14) としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n=2m$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.4$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ となるように分割し、

$n=2m+1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1$ 、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.5 \sim 1.2$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $10 \sim 40$ mW であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 $\beta_1 (= \beta_1')$ 、 α_c 、

β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定である。また、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m=3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 α_1' T とバイアスパワー照射区間 β_1' T からなる記録光の照射を行う。

本発明の第3の要旨は、書換え型光記録媒体に対して、情報を複数の記録マーク長及び記録マーク間長により記録するにあたり、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化しうる消去パワー P_e の光を照射して記録マーク間を形成するとともに、

一つの記録マークの時間的長さを nT (T は基準クロック周期) としたときに、

$n=2m$ (m は1以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ (j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 \dots 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ からなる区間 (ただし $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$) に分割し、

$n=2m+1$ (m は1以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1' T$ 、 $\beta_1' T$ 、 $\alpha_2' T$ 、 $\beta_2' T$ 、 \dots 、 $\alpha_m' T$ 、 $\beta_m' T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ からなる区間 (ただし、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$) に分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の光を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、バイアスパワー P_b の光を照射することによって、時間的長さ nT の記録マークを形成する書換え型光記録媒体への記録方法であって、

$m \geq 3$ では、

$n=2m$ の記録マークにおいては、 nT マークの開始時間を T_0 とするとき、

(i) T_0 から遅延時間 $T_{d1} T$ 後に $\alpha_1 T$ が発生された後、

(ii) $i=2 \sim m$ においては、 $\beta_{i-1} + \alpha_i$ が概ね周期2 (但し、 $i=2$ 及び

／又は $i = m$ における $\beta_{i-1} + \alpha_i$ は、 ± 0.5 の範囲で概ね周期 2 からずらしてもよい。また、 $m \geq 4$ の場合、 $i = 3 \sim m-1$ においては β_{i-1} 及び α_i は、それぞれ一定値 β_c 及び α_c をとる。)を保ちながら、 $\beta_{i-1}T$ 及び α_iT がこの順に交互に発生された後、

(iii) β_mT が発生され、

$n = 2m + 1$ の記録マークにおいては、 nT マークの開始時間を T_0 とするとき、

(i) T_0 から遅延時間 $T_{d1}'T$ 後に $\alpha_1'T$ が発生された後、

(ii) $i = 2 \sim m$ においては、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i'$ が概ね周期 2 (但し、 $i = 2$ 及び／又は $i = m$ における $\beta_{i-1}' + \alpha_i'$ は、 ± 2 の範囲で概ね周期 2 からずらしてもよい。また、 $m \geq 4$ の場合、 $i = 3 \sim m-1$ においては β_{i-1}' 及び α_i' は、それぞれ一定値 β_c 及び α_c をとる。)を保ちながら、 $\beta_{i-1}'T$ 及び $\alpha_i'T$ がこの順に交互に発生された後、

(iii) $\beta_m'T$ が発生され、

同一の m における、 $n = 2m$ の記録マーク及び $n = 2m + 1$ の記録マークにおいて、 $T_{d1} = T_{d1}'$ 、 $\alpha_1 = \alpha_1'$ 、 $\beta_1 = \beta_1'$ 、 $\alpha_m \neq \alpha_m'$ とし、かつ (β_{m-1} と β_{m-1}') 又は (β_m と β_m') の一組以上が異なる値をとることを特徴とする書換え型光記録媒体への記録方法に存する。

尚、本発明において、「 \square が $\bigcirc \sim \triangle$ の範囲」と記載する場合、これは「 $\bigcirc \leq \square \leq \triangle$ 」を意味する。

図面の簡単な説明

図 1 は、従来の記録パルス分割方法の一例の説明図

図 2 は、EFM 変調信号の再生波形 (アイパターン) の模式図

図 3 は、記録パルス分割方法の説明図

図 4 は、様々な記録線速度における非晶質形成及び再結晶化過程に対する、反射層の放熱効果、記録層組成、及び記録方法の影響の説明図

図 5 は、本発明の記録方法による記録パルス分割方法の一例の説明図

図 6 は、本発明記録方法に用いられる記録装置の概念図

図 7 は、所定の記録方式で 2.4 倍速記録を行ったときの、GeSbTe 系記録

層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 8 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、GeSbTe 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 9 は、他の所定の記録方式で 10 倍速記録を行ったときの、GeSbTe 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 10 は、所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、GeSbTe 系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図 11 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、GeSbTe 系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図 12 は、他の所定の記録方式で 10 倍速記録を行ったときの、GeSbTe 系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図 13 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、InGeSb 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 14 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、InGeSb 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 15 は、他の所定の記録方式で 10 倍速記録を行ったときの、InGeSb 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 16 は、記録パルス分割方法の説明図

図 17 は、記録パルス分割方法の決定方法

図 18 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、SnGeSb 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 19 は、他の所定の記録方式で 10 倍速記録を行ったときの、SnGeSb 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 20 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、SnGeSb 系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図 21 は、他の所定の記録方式で 10 倍速記録を行ったときの、SnGeSb 系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図 22 は、他の所定の記録方式で 24 倍速記録を行ったときの、SnGeSb 系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図 23 は、他の所定の記録方式で 10 倍速記録を行ったときの、SnGeSb

系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図24は、他の所定の記録方式で24倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図25は、他の所定の記録方式で10倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図26は、他の所定の記録方式で32倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図27は、他の所定の記録方式で24倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図28は、他の所定の記録方式で10倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図29は、他の所定の記録方式で32倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図30は、他の所定の記録方式で24倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図31は、他の所定の記録方式で10倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図32は、他の所定の記録方式で32倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図33は、他の所定の記録方式で24倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図34は、他の所定の記録方式で10倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図35は、他の所定の記録方式で32倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体の光記録特性を示すデータ

図36は、他の所定の記録方式で24倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図37は、他の所定の記録方式で10倍速記録を行ったときの、SnGeSb系記録層を有する光記録媒体のオーバーライト繰り返し特性を示すデータ

図38は、他の所定の記録方式で同一媒体上に8-24倍速で記録を行ったと

きの、各線速での記録特性を示すデータ

図 3 9 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 2 4 倍速で記録を行ったときの、各線速でのオーバーライト特性データ

図 4 0 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 3 2 倍速で記録を行ったときの、各線速での記録特性を示すデータ

図 4 1 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 3 2 倍速で記録を行ったときの、各線速でのオーバーライト特性データ

図 4 2 は、n が 4 以上の場合における各種パラメータの線速度依存性を表すデータ

図 4 3 は、n = 3 の場合における、各種パラメータの線速度依存性を表すデータ

図 4 4 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 2 4 倍速で記録を行ったときの、各線速での記録特性を示すデータ

図 4 5 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 2 4 倍速で記録を行ったときの、各線速でのオーバーライト特性データ

図 4 6 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 3 2 倍速で記録を行ったときの、各線速での記録特性を示すデータ

図 4 7 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 3 2 倍速で記録を行ったときの、各線速でのオーバーライト特性データ

図 4 8 は、同一媒体上に様々な記録方式で記録を行ったときの記録特性を示すデータの一例

図 4 9 は、同一媒体上に様々な記録方式で記録を行ったときのオーバーライト特性データの一例

図 5 0 は、同一媒体上に様々な記録方式で記録を行ったときの記録特性を示すデータの他の一例

図 5 1 は、同一媒体上に様々な記録方式で記録を行ったときのオーバーライト特性データの他の一例

図 5 2 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 2 4 倍速で記録を行ったときの、各線速での記録特性を示すデータ

図 5 3 は、他の所定の記録方式で同一媒体上に 8 - 2 4 倍速で記録を行ったと

きの、各線速でのオーバーライト特性データ

図54は、他の所定の記録方式で同一媒体上に8-24倍速で記録を行ったときの、各線速での記録特性を示すデータ

図55は、他の所定の記録方式で同一媒体上に8-24倍速で記録を行ったときの、各線速でのオーバーライト特性データ

図56は、他の所定の記録方式で同一媒体上に8-24倍速で記録を行ったときの、各線速での記録特性を示すデータ

図57は、他の所定の記録方式で同一媒体上に8-24倍速で記録を行ったときの、各線速でのオーバーライト特性データ

図58は、反射層が異なる2種類の書き換え型光記録媒体に対して、他の所定の記録方式で24倍速記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図59は、反射層が異なる2種類の書き換え型光記録媒体に対して、他の所定の記録方式で8倍速記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図60は、同一媒体上に、8倍速から32倍速までの記録線速度で記録を行ったときの記録特性を示すデータの他の一例

図61

同一媒体上に、8倍速から32倍速までの記録線速度で記録を行ったときのオーバーライト特性データの他の一例

図62は、本発明の記録方法の一例を用いて10倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図63は、本発明の記録方法の一例を用いて10倍速で記録を行ったときのオーバーライト特性データ

図64は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体(RW-DVD)上に6倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図65は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体(RW-DVD)上に2.5倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図66は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体(RW-DVD)上に6倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図67は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体(RW-DVD)上に2.5倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図 6 8 は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体（RW-DVD）上に 8 倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図 6 9 は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体（RW-DVD）上に 3 倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図 7 0 は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体（RW-DVD）上に 10 倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図 7 1 は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体（RW-DVD）上に 12 倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

図 7 2 は、他の所定の記録方式で本発明の書き換え型光記録媒体（RW-DVD）上に 4 倍速で記録を行ったときの記録特性を示すデータ

発明の実施の形態

1. 媒体の特性について

1-1. CD-RW の場合

本発明を CD-RW に適用する場合においては、記録光による光スポットの媒体に対する速度である線速度として $1.2 \text{ m/s} \sim 1.4 \text{ m/s}$ 、特には 1.2 m/s を基準速度： V_1 、即ち 1 倍速とする。

まず、本発明の第 1 及び第 2 の要旨に係るディスクについて説明する。

本発明の書き換え型光記録媒体は、通常円盤状である。そして相変化型記録層の結晶状態の部分に未記録状態・消去状態とし、非晶質状態の部分に記録状態とする。記録される情報は、レーザー光などの記録光を照射し非晶質マークを形成することにより、EFM 変調された信号からなる。媒体の基板には通常螺旋状の溝が形成される。また、非晶質マークは通常溝内に形成される。ここで、溝とは、基板面上に形成された光ビーム案内用の凹形状の底部であり、記録再生光入射側から見て近い方の面を言う。該溝は、好ましくは 1 倍速に換算したときに 22.05 kHz となる搬送周波数を基準とする周波数で半径方向に蛇行（ウォブル）しており、このような溝をウォブル溝と呼ぶ。そして、上記搬送周波数が $\pm 1 \text{ kHz}$ の周波数で周波数変調され、この微妙な周波数変化により、ディスク上のアドレス情報が絶対時間情報として組み込まれている。このような絶対時間情報は ATIP (Absolute Time In Pre-groove) 信号と

呼ばれる。

このウォブル溝は、CLVモードで、CDの1倍速の線速でスタンパー上に形成したのち、このスタンパーをもとに基板を射出成形することで形成することができる。記録容量を高めるため、通常搬送周波数が線速 1.2 m/s ($\pm 0.1\text{ m/s}$ の範囲で許容) において 22.05 kHz となるようにウォブル溝は形成される。

データを記録する際には、基準クロック周期 T が基準となり、この整数倍の長さを有する様々な時間的長さのマーク及びスペース（マーク間）を形成することでデータを記録する。EFM変調においては通常時間的長さ $3T \sim 11T$ のマークが形成される。また、基準クロック周期 T は記録線速に反比例して変化させるのが通常である。

基準クロック周期 T の逆数は基準クロック周波数と呼ばれ、CDの1倍速（線速度 $1.2\text{ m/s} \sim 1.4\text{ m/s}$ ）における基準クロック周波数は、データの1チャンネルビットに相当し、通常 4.3218 MHz である。この基準クロック周波数は、上記ウォブルの基準周波数 22.05 kHz のちょうど196倍となっている。

1倍速における基準クロック周期 T は通常 $1 / (4.3218 \times 10^6) = 231 \times 10^{-9}$ (秒) $= 231$ (ナノ秒) となる。

以下の説明では、特に断わりのない限り基準クロック周期 T と線速 V との積 VT は線速によらず一定とする。

図2(a)に、CD-RWをはじめとするCDファミリーで用いられるEFM変調信号の再生波形（アイパターン）の模式図を示す。アイパターンには、 $3T$ から $11T$ のすべての非晶質マーク及び結晶状態のスペースの再生波形が実質的にランダムに含まれている。再生波形は、反射光強度を電圧信号として取り出しオシロスコープ上で観察した波形である。この際、再生信号は直流成分を含んでいる。

アイパターンの上端 $I_{t.o.p}$ を入射光に対する反射率に換算したものがスペースに対応する反射率の上端値 $R_{t.o.p}$ であり、アイパターンの振幅（実際上は、 $11T$ マークの振幅） I_{11} を $I_{t.o.p}$ で規格化したものが下記式(1)で表される記録信号のアイパターンの変調度 m_{11} （本明細書においては、 m_{11} を単に変調度と

いう場合がある。)である。

$$m_{11} = I_{11} / I_{top} \times 100 (\%) \quad (1)$$

本発明においては、変調度 m_{11} は60%以上80%以下とする。変調度は光学的分解能に依存するのでNAが大きな光学系では大きく見える傾向があるため、本発明においては波長約780nmのレーザー光を、開口数NA=0.5の光学系を通して照射し記録する際の変調度 m_{11} とする。ただし波長は厳密に780nmである必要はなく、775~795nm程度の範囲にあれば良い。

信号振幅 I_{11} は大きいほうが好ましいが、大きすぎると信号再生系のアンプのゲインが極端に飽和してしまうため m_{11} の上限は80%、好ましくは78%、さらに好ましくは75%程度である。一方、小さすぎると信号体雑音比(SN比)が低下してしまうため、下限は60%、好ましくは62%、さらに好ましくは65%程度である。また、 R_{top} は15~25%、好ましくは15~20%、さらに好ましくは16~19%の範囲とする。さらに、下記式(2)

$$A_{sym} = (I_{side} / I_{11} - 1 / 2) (\%) \quad (2)$$

で定義されるアシンメトリ値 A_{sym} は、できるだけ0付近にあることが望ましいが、通常は±10%の範囲である。ここで、 I_{side} は、図2(a)におけるIの中心線2001と包絡線の底辺2002との間の電圧差であり、 I_{11} は包絡線(envelop)の上辺2003と底辺2002との間の電圧値である。

EFM変調に用いられる3T~11Tの各マーク長及びスペース長のジッタ(jitter)、及びデビエーション(deviation)は、以下のように決められる。すなわち、3T~11Tの各マーク長及びスペース長のデビエーション(deviation)は、図2(a)における再生信号を高域通過フィルタを通過させてRF成分を取り出した後に、信号振幅の実質的な中心値となるゼロレベルを閾値としてDCスライスして得られる、マーク長あるいはスペース長の平均値の所定値(nT:n=3~11)からのずれ(デビエーション)であり、ジッタ(jitter)は、その標準偏差(ジッター)である。詳細な測定方法は、CD規格であるレッドブック、CD-RW規格であるオレンジブックや、「CDファミリー」(オーム社発行、平成8年4月25日)で規定されている。本発明においては、ジッタについては、1倍速(基準クロック周期231ナノ秒)で再生したときのジッタ値が35ナノ秒以下、好ましくは30ナノ秒以下、さらに

好ましくは25ナノ秒以下とする。

なお、通常3Tのマーク長もしくはスペース長のジッタが3T～11Tの中で最も悪い値となることが多い。さらに、3Tスペース長ジッタが3Tマーク長ジッタより悪い値となることが多い。

本発明においては、デビエーションは通常3Tで±40ナノ秒以下、11Tで±60ナノ秒以下とする。なお、4T～10Tに対しては、通常3及び11Tに対する規定である±40ナノ秒以下及び±60ナノ秒以下を補完して得られる値となる。いずれにせよ、デビエーションは、概ね基準クロック周期Tの±20%程度以内であればよい。

なお、記録後の信号の品質に関しては、基本的に現行の規格と同様の特性を満たすのが好ましい。詳細には、オレンジブック・パート3に記載された内容を満足するのが好ましい。

変調度 m_{11} 、反射率の上端値 $R_{t.p}$ 及びジッターを上記の値とすることにより、従来のCD-RW規格と互換性を維持しつつ、24倍速以上のような高速記録された媒体を、既存のCD-RW対応の再生系で再生することができる。

本発明の書き換え型光記録媒体において好ましいのは、24倍速の線速度での記録において、3Tマーク（時間的長さ3Tを有するマーク。ただしTはデータ基準クロック周期）と3Tスペース（時間的長さ3Tを有するマーク間部）とからなる単一周期信号を記録後、11Tマーク（時間的長さ11Tを有するマーク）と11Tスペース（時間的長さ11Tを有するマーク間部）とからなる単一周期信号をオーバーライトしたときの3Tマークの消去比が20dB以上とすることである。上記消去比は、より好ましくは25dB以上とする。また、好ましくは、32倍速においても、上記消去比を20dB以上、好ましくは25dB以上とする。高線速での消去比が高い媒体ほど非晶質マーク消去時の再結晶化速度が速く、より高線速でEFM信号のオーバーライトが可能である。例えば、32倍速における上記消去比を20dB以上としておけば、24倍速で使用した際に良好な特性が得られるのは勿論、24倍速以下で使用した際にも良好な特性が得られる。ここで、3Tマークと3Tスペース（マーク間）からなる単一周期信号を記録、及び11Tマークと11Tスペースからなる単一周期信号をオーバーライトするにおいては、後述の記録方式CD1-1、1-2の記録方式を用いる。すなわち、

3 Tマークと3 Tスペース（マーク間）からなる単一周期信号を記録するにあたっては、3 Tマークを1個の記録パルス P_w と後続のオフパルス P_b （ $0 < P_b < 1 \text{ mW}$ ）からなる記録パワーで記録し、他の区間では消去パワー P_e を照射する。 P_w は記録層を熔融するためのパワーであり、 P_b は P_w 照射後、熔融領域を急冷して非晶質化させるための冷却パワーである。11 Tマークと11 Tスペースからなる単一周期信号をオーバーライトするにあたっては、11 Tマークを5個の記録パルス P_w と個々の P_w に付随するオフパルス P_b （ $0 < P_b < 1 \text{ mW}$ ）からなる記録パワーの繰り返しで記録し、他の区間では消去パワー P_e を照射する。3 Tデータ及び11 Tデータのオーバーライトにおいては、同一の P_e 及び P_w を使用し、 P_e / P_w を0.2～0.6の範囲で一定としながら、 P_e を変化させて消去比の P_e 依存性を測定し、いずれかの P_e において、消去比が20 dB以上、好ましくは25 dB以上となることを確認する。消去比は、11 Tデータのオーバーライトの前後における3 Tデータのキャリアレベルの低下率をdB単位で測定したものである。

いずれの場合にも、同一溝内への記録を行い、通常は、1周分の溝に記録を行う。

オーバーライトを行う線速度範囲の上限における消去比が十分な値であれば、消去比が低線速側で不足することはない。線速 V で移動する開口数 NA の対物レンズで集光された波長 λ の光ビームで記録層が照射される時間は、 $\lambda / (NA \cdot V)$ で規格化されるから、低線速ほど照射時間は長くなり再結晶化に要する時間を十分確保できるからである。

なお、3 Tマーク及び11 Tマークをオーバーライトしてオーバーライト消去比を測定する場合の記録方式は、後述の記録方式CD 1-1、1-2、及び1-3のいずれかを用いることができるが、特に記録方式CD 1-3を用いることが好ましい。記録方式CD 1-3を用いる場合、消去比の測定においては、特にジッタの低い記録条件を用いる必要はないから、11 Tマークの記録に際しては、 $\beta_m' = 0.5$ の暫定値を使用してかまわない。

なお、消去比の測定方法において、消去パワー P_e を直流（direct current、DC）的に照射しながら、記録済みのマークのキャリアレベルの低減率をデシベル値にて測定する場合があります、これをDC消去率という。DC

消去率の測定では、 P_e を可変として最大の消去比が得られる場合の消去比を用いる。前述のオーバーライト消去比に比べて、1-2 dB程度高い値となる場合があるが、このような補正値を考慮すれば、オーバーライト消去率測定をDC消去率測定によって代替することも可能である。

また、あらかじめ記録された記録信号のジッタが1倍速再生において35 nsec(ナノ秒)に達するまでの時間を該記録媒体のアーカイバル寿命とすると、温度80℃、相対湿度85%におけるアーカイバル寿命が200時間以上であること、より好ましくは500時間以上が望ましい。

さらに、本発明においては、上記特性を満足するために、より短時間で評価可能な条件として105℃以上での加速試験を適用し、変調度 m_{11} 及び、結晶状態の反射率の上端値 $R_{t.o.p}$ (本明細書においては、単に $R_{t.o.p}$ という場合がある。)のいずれもが、温度105℃の加速試験環境下で3時間後もその初期値の好ましくは80%以上を維持し、より好ましくは90%以上を維持する。これは、現在市販されている1-4倍速対応のCD-RWがこの要件を満足するからである。特に上記加速試験後の m_{11} が、初期値の好ましくは80%以上を維持し、より好ましくは90%以上を維持するようにすれば、後述の記録層の結晶化温度を、概ね150℃以上とすることができるようになる。

本発明における、線速又は線速度 V (この段落では V は24倍速又は32倍速の線速度を示す。)における変調度 m_{11} 、 $R_{t.o.p}$ 、各マーク及びマーク間のジッター、デビエーション、アシンメトリー値、消去比等の規定は、線速1.2 m/sを基準速度(1倍速) V_1 としたとき、線速 V において、データ基準クロック周期 T が $VT = V_1 T_1$ (ただし、 T_1 は231 nsecである)であるように保ちながらEFM変調された信号を下記記録方式CD1-1又は記録方式CD1-2いずれかの条件内のある1つの記録方式で10回オーバーライト記録した後に、1倍速での再生によって得られる記録信号から与えられる。

記録方式CD1-1;

波長780 nmの光を、開口数NAが0.5の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は3から11までの整数)としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数)を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.2$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ となるように分割し、

$n = 2m + 1$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数)を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ ($\Delta_1 = 0.3 \sim 0.6$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.3 \sim 0.6$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $20 \sim 40 \text{ mW}$ であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする)を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、 1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、 $\beta_m (= \beta_m')$ 、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m は m によらず一定である。

また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$)の場合には、 α_1 、 α_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ m が3の場合の α_1 、 α_1' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくするとともに、 β_1 を m が3の場合の β_1 又は β_2 のいずれかと等しくし、 β_1' を m が3の場合の β_1' 又は β_2' のいずれかと等しくする (但し、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容するものとする)。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

記録方式CD 1-2 ;

波長 780 nm の光を、開口数 NA が 0.5 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は 3 から 11 までの整数) としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n=2m$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.2$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n-j$ となるように分割し、

$n=2m+1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1$ 、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.5 \sim 1.2$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n-k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $20 \sim 40$ mW であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 $\beta_1 (= \beta_1')$ 、 α_c 、

β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定である。また、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m=3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする (但し、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容するものとする)。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 α_1' Tとバイアスパワー照射区間 β_1' Tからなる記録光の照射を行う。

なお、 $\Sigma_i (\alpha_i + \beta_i)$ 等は、 i に関して $1 \sim m$ までの和をとることを意味する。

本発明においては、上記基準線速の24倍速又は32倍速で書き換え可能なCD-RWディスクにおいては、基準線速の8倍速、10倍速、12倍速、16倍速又は20倍速の少なくともいずれか一つの線速においても、変調度 m_{11} 、 R_{top} 、各マーク及びマーク間のジッター、デビエーション、アシンメトリー値、消去比の値が上記数値範囲となるようにするのが好ましい。

さらに、上記基準速度の8倍速、10倍速、12倍速、16倍速、及び20倍速のいずれか少なくとも一つの線速度を V_{min} とし、基準速度の24倍速又は32倍速を V_{max} とした場合に、 V_{min} と V_{max} との間の全ての線速度 V においても、変調度 m_{11} 、 R_{top} 、ジッター、デビエーション、アシンメトリー値、消去比の値が前記数値範囲となるようにするのが好ましい。これにより、後述のP-CAV又はCAV方式での記録が可能となる。

ここで、8倍速、10倍速、12倍速、16倍速又は20倍速における変調度 m_{11} 、 R_{top} 、ジッター、デビエーション、アシンメトリー値、消去比等の規定は、以下のようにして測定される。すなわち、線速 1.2 m/s を基準速度 (1倍速) V_1 としたとき、基準速度の8倍速 ($8V_1$)、10倍速 ($10V_1$)、12倍速 ($12V_1$)、16倍速 ($16V_1$)、又は20倍速 ($20V_1$) のいずれか一つにおいて、データ基準クロック周期 T が $VT = V_1 T_1$ (ただし、 T_1 は 231 nsec であり、 V は、 $10V_1$ 、 $12V_1$ 、 $16V_1$ 、及び $20V_1$ のいずれかである。) であるように保ちながらEFM変調された信号を下記記録方式CD2-1乃至は2-2のいずれかの条件内の一つの記録方式で10回オーバーライト記録した後に、1倍速での再生によって得られる記録信号から与えられる。記録方式CD2-1;

波長 780 nm の光を、開口数 NA が 0.5 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は 3 から 11 までの整数) としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ までの実数) を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.1 \sim 1, \alpha_i = 0.1 \sim 1$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.1 \sim 1$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3, \beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3, \alpha_m = 0.1 \sim 1, \beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ となるように分割し、

$n = 2m + 1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ までの実数) を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1, \beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ ($\Delta_1 = 0.3 \sim 0.6$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ (i は $2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.3 \sim 0.6, \beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i')$ $= n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $20 \sim 40$ mW であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、 $\beta_m (= \beta_m')$ 、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m は m によらず一定である。

また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta$

α_2' をそれぞれ m が 3 の場合の α_1 、 α_1' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくするとともに、 β_1 を m が 3 の場合の β_1 又は β_2 のいずれかと等しくし、 β_1' を m が 3 の場合の β_1' 又は β_2' のいずれかと等しくする（但し、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容するものとする）。但し、 $m=2$ における β_2' に関しては、さらに ± 0.5 の範囲において値を変更しうるものとする。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

記録方式 CD 2-2 ;

波長 780 nm の光を、開口数 NA が 0.5 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は 3 から 11 までの整数) としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n=2m$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ までの実数) を、

$\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 \dots 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.1 \sim 1$ 、 $\alpha_i = 0.1 \sim 1$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.1 \sim 1$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.1 \sim 1$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n-j$ となるように分割し、

$n=2m+1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ までの実数) を、

$\alpha_1' T$ 、 $\beta_1' T$ 、 $\alpha_2' T$ 、 $\beta_2' T$ 、 \dots 、 $\alpha_m' T$ 、 $\beta_m' T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1$ 、 $\alpha_i' = \alpha_c$ (i は $2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.5 \sim 1.2$ 、 $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ ($\Delta_m' = 0 \sim 1$) の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i')$ $= n-k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $20 \sim 40 \text{ mW}$ であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、 1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 $\beta_1 (= \beta_1')$ 、 α_c 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定である。

また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$) の場合には、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m = 3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする (但し、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容するものとする)。

$m = 1$ ($n = 3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

ここに、記録方式 $CD 1-1$ 、 $1-2$ 、 $2-1$ 及び $2-2$ において、 j 、 k は n ごとに異なる値をとっても良い。また、 P_w 、 P_b 、 P_e は一定のパワーレベルであり、 $P_b \leq P_e \leq P_w$ としている。そして、記録方式 $CD 1-1$ 、 $1-2$ 又は記録方式 $CD 2-1$ 、 $2-2$ をもちいて、EFMランダムパターンの記録を行うのであるが、 P_e / P_w 比は $0.2 \sim 0.6$ の間のいずれかの値で一定にして、 P_w を $20 \sim 40 \text{ mW}$ の間で変化させ、最も良好な特性が得られる P_w において、各マーク長及びマーク間のジッタ、 m_{11} 、及び $R_{t.o.p}$ がそれぞれ、上記の値を満足すればよい。ここで、パワー値 P_w 、 P_e 、 P_b 等は、記録光ビームのうちの主ビームのみのパワーをいい、いわゆる 3 ビーム法におけるサーボ用のサブビームのように記録に直接関係のないビームに配分されるパワーは除いて考える。 P_e / P_w 比に関しては、まず、 $0.3 \sim 0.4$ の間の値を採用し、その結果、上記の m_{11} 、 $R_{t.o.p}$ 、アシンメトリー、デビエーション等の要件が満足されなければ、 $0.2 \sim 0.3$ あるいは、 $0.3 \sim 0.6$ の間の値を用いる。

また、記録パルス区間 $\alpha_i T$ 、 $\alpha_i' T$ 、オフパルス区間 $\beta_i T$ 及び $\beta_i' T$ のそれぞれにおける光のパワーレベルは、記録パルス区間では P_w でオフパルス区間では P_b で一定とする。ただし、高周波重畳を印可する場合は、 P_w 及び P_b はその区間における平均パワーで定義する。さらに、レーザーダイオードの応答

上やむを得ないオーバーシュート、アンダーシュートは許容する。記録パルス $\alpha_i T$ 及び $\alpha_i' T$ の立ち上がり立ち下がりは、約 3 nsec 以下とするが、 1 nsec 以上 2 nsec 以下とすることが好ましい。

記録方式 CD 1-1 及び 1-2 は、特開 2001-331936 号公報に示されたような、記録パルス (P_w 照射区間) とオフパルス (P_b 照射区間) とを周期 $2T$ を基本とする繰り返し周期で交互に発生させる記録パルス分割方法にさらに検討を加えたものである。すなわち、本発明においては、上記 $2T$ 周期をベースとする記録ストラテジーのうち、特に、24 乃至は 32 倍速でオーバーライト可能な CD-RW に適し、かつ、特に産業上有用な低コストかつ簡便な記録パルス分割方法を見出した。本発明の記録パルスストラテジーを用いることにより、複数のドライブで記録しても記録品位が保ちやすく互換性が確保しやすい記録媒体とその記録方法が提供されるようになる。

そのために、本発明においては、周期 $2T$ を基本とする記録パルス分割方法における可変とすべきパラメータとその範囲を限定する。そして本発明においては、上記周期 $2T$ を基本とする記録パルス分割方法における数あるパラメータのうち、24 倍速又は 32 倍速における記録品位を良好に保つために必要な最低限のパラメータを見出してこれを変化させている。可変とするパラメータの数を多くすれば 24 倍速又は 32 倍速での良好な記録の達成は比較的容易とある。しかし、数多くのパラメータを可変とすることは、光記録媒体に記録を行う記録装置におけるパルス発生の電子回路(集積回路)の設計をいたずらに複雑にするだけである。このため、本発明においては上記電子回路(集積回路)の設計を容易にしつつ、かつ 24 倍速記録又は 32 倍速記録を良好に行うことができる CD-RW を実現できるような最低限のパラメータを見出したのである。

24 倍速又は 32 倍速で良好な記録を行うために可変とすべき最低限のパラメータは、24 倍速乃至は 32 倍速でオーバーライト可能な記録媒体の検討とパルス分割記録方法とを相互にフィードバックをかけながら検討を行うことにより実現できるものである。従って、本発明は、記録媒体と記録方法とを同時に実現するという高度な創作により実現されたものである。

このような検討により、本発明においては、未だ実現されていない 8 あるいは 10 倍速から 24 あるいは 32 倍速という極めて広範囲の線速度で、記録及び再

生の互換性の高いCD-RW記録媒体と記録方法を提供することができるようになるのである。

CD-RWにおけるEFM変調の場合、マーク長 nT は、 $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$ の場合があるが、それぞれを、 $m=1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5$ 個の $2T$ を基本とする周期に分割し、 m 個の記録パルスとオフパルスの組に分割した記録パルスで記録を行う。本発明では、24倍速又は32倍速でオーバーライト可能なCD-RW記媒体を明確に規定するために、特に記録方式CD1-1、及び1-2に示したような限定を行っている。

図3は、上記記録方式CD1-1、及び2-1におけるパルス分割方法を実施する場合の、各記録パルスの関係の一例を示した図である。尚、図3(b)におけるマーク長 $2mT$ を形成するための記録パルス及びオフパルスの時間幅は、本来は、 $\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_c T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T$ と表されるが、図を見やすくする観点から、図3(b)においては、単に $\alpha_1, \beta_1, \alpha_c, \dots, \alpha_m, \beta_m$ と記載し、基準クロック周期 T の表示を省略してある。これは図3(c)においても同様である。

図3に示すように、本発明の光記録方法においては、 nT マークの n のとり得る値が奇数であるか偶数であるかに分けて考える。分割数 m が同じ偶数長マークと奇数長マークのマーク長差 $1T$ の補正を、先頭の記録パルスの次のオフパルス区間 $\beta_1 T$ 及び最後尾から2番目の記録パルス周期の区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ に分散して割り当てる。つまり、マーク長 $1T$ の補正をオフパルス長 $\beta_1 T$ 及び $\beta_{m-1} T$ 、さらには最後尾の記録パルス区間パルス $\alpha_m T$ の調整にて行う。

図3において、300は周期 T の基準クロックをあらわす。

図3(a)は、長さ $nT=2mT$ 、もしくは $nT=(2m+1)T$ の記録マークに対応したパルス波形であり、符号301が長さ $2mT$ の記録マークの長さに、符号302が長さ $(2m+1)T$ の記録マークの長さに対応する。図3(a)においては、 $m=5$ の場合が示してある。

図3(b)の303は、 $n=2m(=10)$ の場合の分割記録パルスの波形であり、図3(c)の307は、 $n=2m+1(=11)$ の場合の分割記録パルスの波形である。

T_{d1} に T をかけた値は、 $\alpha_1 T$ 及び $\alpha_1' T$ の nT マークの前端 T_0 に対する遅

延時間であり、通常は n によらず一定とし、さらに通常は、記録パルス発生回路の同期の取り易さから、 $(T_{d1} + \alpha_1) T = (T_{d1} + \alpha_1') T = 2 T$ とするが、さらに $\pm 0.5 T$ 程度の微調整は許容する。特に、 $3 T$ 、 $4 T$ 、 $5 T$ マークにおいては、そのような遅延時間の微調整を行うことが好ましい。記録パルス区間 $\alpha_i T$ ($i = 1 \sim m$)における記録パワーレベルは P_w で一定であり、オフパルス区間 $\beta_i T$ ($i = 1 \sim m$)におけるバイアスパワーレベルは P_b で一定であり、マークとマークの間、すなわち $\alpha_i T$ ($i = 1 \sim m$)及び $\beta_i T$ ($i = 1 \sim m$)以外の区間における光照射のパワーは消去パワー P_e で一定とする。 n が偶数の場合は、先頭の記録パルスと最後尾のオフパルスを除く区間304 (つまり図3の305、306を除く区間)では、 $(\beta_{i-1} + \alpha_i) T = 2 T$ ($i = 2 \sim m$)で一定とする。ただし、 $(\beta_1 + \alpha_2) T$ 、及び $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ についてのみ、 $\pm 0.3 T$ の範囲で微調整可能とする。一方、 n が奇数の場合は、図3の区間308、 $(\beta_{i-1}' + \alpha_i') T = 2 T$ ($i = 3 \sim m-1$)で一定とする。

そして、同一分割数で $n = 2m$ 及び $2m+1$ の2種類のマーク長を記録するために、区間 $(\beta_1 + \alpha_2) T$ 、及び区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ をそれぞれ約 $0.5 T$ ずつ増減して長さを調整する。なお、熱干渉等の影響で、この値は正確に $0.5 T$ となるとは限らないが、概ね $0.3 T \sim 0.6 T$ の範囲にある。 β_m 及び β_m' は、 $0 \sim 2$ の範囲にあつてほぼ同じ値をとるが、 $\beta_m = \beta_m'$ とすることが好ましい。

図3において、偶数長マーク $n T = 10 T$ と奇数長マーク $n T = 11 T$ のマーク長の差 $1 T$ 分の記録は、以下の操作1、2によって行われる。

操作1： 図3の区間309のように、区間 $(\beta_1' + \alpha_2') T$ の、 β_1' のみに Δ_1 を付加し、 $\beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ 、 $\alpha_2' = \alpha_c$ とする。

操作2： 図3の区間310のように、区間 $(\beta_{m-1}' + \alpha_m') T$ に $\Delta_{mm} T$ を付加する。ここで、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m$ として、 Δ_{mm} を Δ_{m-1} と Δ_m とに分けて、 β_{m-1} には Δ_{m-1} を付加し、 α_m には Δ_m を付加する。尚、 Δ_{m-1} はゼロであつてもよい。

本発明においては、 Δ_m は0よりも大きく ($\Delta_m > 0$ とする) して、 $\alpha_m \neq \alpha_m'$ とする。 Δ_m を0よりも大きくすることにより、同一分割数 m のうちの n が奇数である記録マーク後端部の形状が安定してジッタ特性が飛躍的に改善される。さ

らに好ましいのは、 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しい値とすることである。 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しくすれば、ジッタ特性を良好に保ちつつも、記録パルスストラテジーの記録パルス及びオフパルスにおけるレーザー光（パルス光）の発生を制御する電子回路（集積回路）の設計を簡便にすることができるようになる。

以上の操作は3以上のmにおいて行われ、 Δ_1 、 Δ_{mm} は、0.3～0.6の値をとるものとする。 Δ_{m-1} 、及び Δ_m は、 Δ_{mm} をどのように配分するかによって値が決まり、 Δ_{m-1} は0～0.6の値をとり得、 Δ_m は0より大きく0.6以下の値を取り得る。

前述したように、区間 $(\beta_1 + \alpha_2)T$ 、及び区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m)T$ をそれぞれ約0.5Tずつ増減して長さを調整するためには、 Δ_1 及び Δ_{mm} を0.6としてもよいが、 Δ_{m-1} 、 Δ_m は、0.5以下の値とすることが好ましい。

以下、記録方式CD1-1におけるmが3以上、m=2、及びm=1の場合についてそれぞれ説明する。記録方式CD2-1については後述する。

記録方式CD1-1においては、mが3以上では、 $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ とし、 α_i 及び α_i' は、 $i = 2 \sim m-1$ に対しては、 α_c でiによらず一定とする。また、 α_m 及び α_m' もmによらず一定値とする。さらに α_1 (α_1')は、0.7～1.4、 α_c は0.7～1.2、 α_m は0.7～1.2とする。

さらに、mが3以上の場合には、 α_1 ($= \alpha_1'$)、 α_c 、 β_m ($= \beta_m'$)、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 Δ_m はmによらず一定とする。24倍速又は32倍速においては、 $\alpha_c = \alpha_1$ ($i = 2 \sim m-1$)は、まず、0.9～1の範囲の値とし、その後±0.2の範囲（0.7～1.2の範囲）で微調整を行う。 α_1 及び α_m は、まず α_c と同じ値を採用し、そして α_c より最大0.3程度大きい範囲で微調整を行うものとする。

ここで、m=2 (n=4, 5)の場合に、m-1=1であるから、区間 $(\beta_1 + \alpha_2)T$ は、区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m)T$ とも解される。この場合、 $(\beta_1' + \alpha_2')$ Tを $(\beta_1 + \alpha_2)T$ より約1T長くするのであるが、より具体的には、 α_1 、 α_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれmが3の場合の α_1 、 α_1' 、 α_m 、 α_m' 、 β_m 、 β_m' と等しくするとともに、 β_1 をmが3の場合の β_1 又は β_{m-1} のいずれかと等しくし、 β_1' をmが3の場合の β_1' 又は β_{m-1}' のいずれかと等しくする。尚、「等しくする」とはいつでも、±10%程度のずれは許容される

ものとする。

このようにして、偶数長マークに対して、図3(b)の点線で示される記録パルス列303が得られ、奇数長マークに対して、図3(c)の点線で示される記録パルス列307が得られる。

なお、 $m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。この場合、 α_1' は、2以上の m における α_1' より0.1から1.5程度大きくし、 β_1' は2以上の m における β_1' より小さく、かつ、 β_m 、 β_m' と同じか、それらより大きくするのが好ましい。また、 β_1' の範囲は、0以上2以下とすることが好ましい。

図16は、上記記録方式CD1-2及び2-2におけるパルス分割方法を実施する場合の、各記録パルスの関係の一例を示した図である。尚、図16(b)におけるマーク長 $2mT$ を形成するための記録パルス及びオフパルスの時間幅は、本来は、 $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_c T$ 、 \dots 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ と表されるが、図を見やすくする観点から、図16(b)においては、単に α_1 、 β_1 、 α_c 、 \dots 、 α_m 、 β_m と記載し、基準クロック周期 T の表示を省略してある。これは図16(c)においても同様である。

図16に示すように、 nT マークの n のとり得る値が奇数であるか偶数であるかに分けて考える。分割数 m が同じ偶数長マークと奇数長マークのマーク長差 $1T$ の補正を、最後尾から2番目の記録パルス周期 ($\beta_{m-1} + \alpha_m$) T 及び最後尾のオフパルス $\beta_m T$ に分散して割り当てる。つまり、マーク長 $1T$ の補正をオフパルス長 $\beta_{m-1} T$ 及び $\beta_m T$ 、さらには最後尾の記録パルス区間パルス $\alpha_m T$ の調整にて行う。

この記録方式は、図3に示した記録方式(記録方式CD1-1、2-1)と比較して、偶数、奇数マークで変化させる記録パルス及びオフパルスが、マークの後端部付近に集中しているので、記録マークの後端ジッタがより制御しやすくなる利点を有するのみならず、記録パルスストラテジーの記録パルス及びオフパルスにおけるレーザー光(パルス光)の発生を制御する電子回路(集積回路)の設計が簡便となる利点がある。さらに、可変とすべきパラメータ数が少ないという利点がある。

図16において、400は周期 T の基準クロックをあらわす。

図16 (a) は、長さ $nT = 2mT$ 、もしくは $nT = (2m+1)T$ の記録マークに対応したパルス波形であり、符号401が長さ $2mT$ の記録マークの長さに、符号402が長さ $(2m+1)T$ の記録マークの長さに対応する。図16 (a) においては、 $m=5$ の場合が示してある。

図16 (b) の403は、 $n=2m (=10)$ の場合の分割記録パルスの波形であり、図16 (c) の406は、 $n=2m+1 (=11)$ の場合の分割記録パルスの波形である。

T_{d1} に T をかけた値は、 $\alpha_1 T$ 及び $\alpha_1' T$ の nT マークの前端 T_0 に対する遅延時間であり、通常は n によらず一定とし、さらに通常は、記録パルス発生回路の同期の取り易さから、 $(T_{d1} + \alpha_1) T = (T_{d1} + \alpha_1') T = 2T$ とするが、さらに $\pm 0.5T$ 程度の微調整は許容する。特に、 $3T$ 、 $4T$ 、 $5T$ マークにおいては、そのような遅延時間の微調整を行うことが好ましい。記録パルス区間 $\alpha_i T$ ($i=1 \sim m$) における記録パワーレベルは P_w で一定であり、オフパルス区間 $\beta_i T$ ($i=1 \sim m$) におけるバイアスパワーレベルは P_b で一定であり、マークとマークの間、すなわち $\alpha_i T$ ($i=1 \sim m$) 及び $\beta_i T$ ($i=1 \sim m$) 以外の区間における光照射のパワーは消去パワー P_e で一定とする。 n が偶数である場合には、区間404では、 $(\beta_{i-1} + \alpha_i) T = 2T$ ($i=2 \sim m$) で一定とする。ただし、 $(\beta_1 + \alpha_2) T$ 、及び $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ についてのみ、 $\pm 0.3T$ の範囲で微調整可能とする。一方、 n が奇数の場合は、図16の区間407では、 $(\beta_{i-1}' + \alpha_i') T = 2T$ ($i=2 \sim m-1$) で一定とする。ただし、 $(\beta_1' + \alpha_2') T$ は $(\beta_1 + \alpha_2) T$ と等しくする。

そして、同一分割数で $n=2m$ 及び $2m+1$ の2種類のマーク長を記録するために、区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ をそれぞれ約 $1T$ 増減して長さを調整する。なお、熱干渉等の影響で、この値は正確に $1T$ となるとは限らないが、概ね $0.5 \sim 1.2T$ の範囲とする。 β_m と β_m' とは、 $0 \sim 2$ の範囲（記録方式CD2-2では、 $\beta_m' = 0 \sim 3$ の範囲）でほぼ同じ値をとるが、マーク後端ジッタへの影響を補正するために、 β_m 、 β_m' も個別に微調整する。特に、記録方式CD2-2では $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ とし、 β_m に Δ_m' ($=0 \sim 1$) を付加する。

図16において、偶数長マーク $nT=10T$ と奇数長マーク $nT=11T$ のマーク長の差 $1T$ 分の記録は、以下の操作3によって行われる。

操作 3 : 図 16 の区間 408 のように、区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ に $\Delta_{mm} T$ を付加して、 $(\beta_{m-1}' + \alpha_m') T$ とする。ここで、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m$ として、 Δ_{mm} を Δ_{m-1} と Δ_m とに分けて、 β_{m-1} には Δ_{m-1} を付加し、 α_m には Δ_m を付加する。また、マーク後端のジッタへの影響を補正するため、 β_m に Δ_m' を付加して、 β_m' とする。

以上の操作は 3 以上の m において行われ、 Δ_{mm} は、0.5 ~ 1.2 の値をとるものとする。 Δ_{m-1} 、及び Δ_m は、 Δ_{mm} をどのように配分するかによって、それぞれ 0 ~ 0.6 の値をとり得る。 Δ_{m-1} はゼロであってもよいが、 Δ_m は 0 よりも大きくして、 $\alpha_m \neq \alpha_m'$ とする。 Δ_m を 0 よりも大きくすることにより、同一分割数 m のうちの n が奇数である記録マーク後端部の形状が安定してジッタ特性が飛躍的に改善される。さらに好ましいのは、 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しい値とすることである。 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しくすれば、ジッタ特性を良好に保ちつつも、パルス光の発生を制御する電子回路（集積回路）の設計を簡便にすることができるようになる。

Δ_m' は 0 ~ 1 の値をとり、より好ましくは 0 ~ 0.6 の値をとる。特に 16 倍速程度より低線速度では、24 あるいは 32 倍速における場合より、 Δ_m' は大きくするのが好ましい。一方、24 あるいは 32 倍速では、 $\Delta_m' = 0$ とするのが好ましい。

以下、記録方式 CD 1-2 における m が 3 以上、 $m=2$ 、及び $m=1$ の場合についてそれぞれ説明する。記録方式 CD 2-2 については後述する。

記録方式 CD 1-2 においては、 m が 3 以上では、 $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1$ とし、 α_i 及び α_i' は、 $i = 2 \sim m-1$ に対しては、 α_c で i によらず一定とする。また、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ は、0.7 ~ 1.4 の範囲の値をとり、 α_c 及び α_m は 0.7 ~ 1.2 の範囲の値とする。より好ましくは、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、及び α_m は 0.7 ~ 1 の範囲とする。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 β_1 、 α_c 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定とする。24 倍速又は 32 倍速においては、 $\alpha_c = \alpha_i$ ($i = 2 \sim m$) は、まず、1 とし、その後さらに ± 0.2 の範囲で微調整を行うのが好ましい。 α_1 及び α_m は、まず α_c と同じ値を採用し、そして α_c より最大 0.3 程度大きい範囲で微調整を行う。 Δ_m 、 Δ_{m-1} は約 0.

4を初期値とし、所定のマーク長が得られるように微調整を行う。また、区間410の β_m' はまず、区間405の β_m と等しくし、その後、微調整を行う。

ここで、 $m=2$ の場合に、 $(\beta_1' + \alpha_2') T$ を $(\beta_1 + \alpha_2) T$ より約1T長くするのであるが、 $m-1=1$ であるから、それぞれを、 $(\beta_{m-1}' + \alpha_m') T$ 及び $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ とみなすことができる。そして、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m=3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする。ただし $m=2$ の α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、及び β_2' は、 $\pm 10\%$ 程度の微調整をさらに行っても良い。

このようにして、偶数長マークに対して、図16(b)の点線で示される記録パルス列403が得られ、奇数長マークに対して、図16(c)の点線で示される記録パルス列406が得られる。

なお、 $m=1$ ($n=3$) の場合には、一对の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。この場合、 α_1' は、2以上の m における α_1' より0.1から1.5程度大きくするのが好ましい。また、 β_1' の範囲は、0以上2以下とすることが好ましい。

記録方式CD2-1においては、記録方式CD1-1と同様のルールで偶数長マークと奇数長マークを記録し、記録方式CD2-2においては、記録方式CD1-2と同様のルールで偶数長マークと奇数長マークを記録するのであるが、 α_i 、 α_i' ($i=1\sim m$) は、24又は32倍速の線速で記録する場合より小さな値とし0.1~1の範囲とする。これに伴い、 β_i 、 β_i' ($i=1\sim m$) は、24倍速又は32倍速の線速で記録する場合より大きい値とする。さらに、記録方式CD2-2の場合には、特に Δ'_m を0以上1以下の範囲で可変とする。また、 $\Delta_{m-1} + \Delta_m + \Delta_m'$ を0.5以上1.5以下の範囲とするのが好ましい。

記録方式CD1-1あるいは記録方式CD1-2において最大線速度 V_{max} を24倍速又は32倍速とした場合の α_i 、 α_i' を α_{i0} 、 α_{i0}' とすると、同一媒体を8倍速、10倍速、12倍速、16倍速、20倍速（すなわち、線速 V を $8V_1$ 、 $10V_1$ 、 $12V_1$ 、 $16V_1$ 、及び $20V_1$ のいずれかとして）で記録方式CD2-1あるいは記録方式CD2-2において記録する場合には、概ね、 $\alpha_i = \eta (V/V_{max}) \alpha_{i0}$ 、 $\alpha_i' = \eta (V/V_{max}) \alpha_{i0}'$ と設定し、その

後微調整 ± 0.1 程度の範囲で微調整を行う。

ここで、 η は $0.8 \sim 1.5$ の範囲の実数である。特に、 1.0 から 1.3 の範囲の値をまず採用し、その後、 $0.8 \sim 1.5$ の範囲に拡大して測定を行う。

なお、記録方式CD 2-1、2-2においては、 $n=5$ において例外的なルールを適用しうるものとする。

つまり、記録方式CD 2-1においては、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ m が3の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_3 (\alpha_m), \alpha_3' (\alpha_m'), \beta_3 (\beta_m), \beta_3' (\beta_m')$ と等しくするとともに、 β_1 を m が3の場合の β_1 又は $\beta_2 (\beta_{m-1})$ のいずれかと等しくし、 β_1' を m が3の場合の β_1' 又は $\beta_2' (\beta_{m-1}')$ のいずれかと等しくする。但し、「等しくする」とはいつでも、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。また、 $m=2$ における β_2' に関しては、さらに ± 0.5 の範囲において値を変更しうるものとする。

また、記録方式CD 2-2においては、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ $m=3$ の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \beta_2 (\beta_{m-1}), \beta_2' (\beta_{m-1}'), \alpha_3 (\alpha_m), \alpha_3' (\alpha_m'), \beta_3 (\beta_m), \beta_3' (\beta_m')$ と等しくする。ただし、「等しくする」とはいつでも、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。さらに、 $n=3$ の場合の β_1' は、 0 以上 3 以下の範囲とすることが好ましい。

24倍速までの使用を想定するCD-RWにおいては、例えば、10倍速と24倍速あるいは、12倍速と24倍速とでの記録特性を規定し、32倍速までの使用を想定するCD-RWにおいては、10倍速と32倍速とでの記録特性又は、12倍速と32倍速とでの記録特性又は、16倍速と32倍速とでの記録特性をそれぞれ規定すること等で、後述のCAV記録方式やP-CAV記録方式、ZCLV記録方式に適した媒体を、ドライブでの記録再生互換性の観点から見てほぼ一義的に規定できる。この場合には、低線速側の測定における記録方式CD 2-1又は2-2において、 $\alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1'$ の値を上記のように線速に概ね比例するように定めておく ($\alpha_1 = \eta (V/V_{max}) \alpha_{10}, \alpha_1' = \eta (V/V_{max}) \alpha_{10}'$) ことが、媒体特性をより良好に規定できるので好ましい。

このようにして、最小線速と最大線速との比が2倍以上となる異なる記録速度

範囲における、複数の記録線速度における書き換え型光記録媒体の特性を定義することは、記録ドライブからみた媒体の記録再生互換性を確保する点からも好ましい方法である。特に、記録方式CD 1-1は記録方式CD 2-1と組み合わせて用い、記録方式CD 1-2は記録方式CD 2-2と組み合わせて用いることがより好ましい。

このように特定範囲の媒体を規定する場合には、記録方式CD 1-2と記録方式CD 2-2を組み合わせ、最高線速度 V_{max} が24倍速又は32倍速である書き換え型CD-RWを規定することが特に好ましい。

さらに、このような32倍速又は24倍速対応の媒体特性の規定方法において、記録方式CD 1-2において、特に以下のように限定した記録方式CD 1-3とすることで、より具体的に媒体特性を限定できる。従って、そのような媒体を複数の記録装置で記録する場合の互換性が確保できて好ましい。すなわち、

(記録方式CD 1-3)

$m=2$ 以上のマーク長においては、 $T_{d1}' = T_{d1} = 2 - \alpha_c$ 、 $\alpha_i' = \alpha_i = \alpha_c$ ($i=1 \sim m-1$)、 $\beta_i' = \beta_i = 2 - \alpha_c$ ($i=1 \sim m-2$)、 $\alpha_m = \alpha_c$ 、 $\beta_{m-1} = 2 - \alpha_c$ で一定、かつ、 $\beta_{m-1}' = 1 + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.6$)、 $\alpha_m' = 1 + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.6$)、 $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ とし、 Δ_{m-1} 、 Δ_m 、 $\beta_m' = \beta_m$ 、を m によらず一定とする。ここで、 $m=2$ の場合、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' は、それぞれ、 $m=3$ の場合の β_2 (β_{m-1})、 β_2' (β_{m-1}')、 α_3 (α_m)、 α_3' (α_m')、 β_3 (β_m)、 β_3' (β_m')とみなす。 α_c は0.7~1.2、より好ましくは0.7~1、特に好ましくは0.9~1とする。

ここで、記録方式CD 1-3と、以下の記録方式CD 2-3を組み合わせ、使用する最高線速度 V_{max} が24倍速又は32倍速である書き換え型CD-RWを規定することが特に好ましい。

すなわち、(記録方式CD 2-3)

$m=2$ ($n=4$)以上のマーク長においては、 $T_{d1}' + \alpha_1' = T_{d1} + \alpha_1 = 2$ 、 $\alpha_i = \alpha_c$ ($i=1 \sim m$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i=1 \sim m-1$)、ただし、 $\alpha_c = 0.1 \sim 1$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ ($i=2 \sim m$)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ ($i=2 \sim m-1$)、かつ、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha$

$m + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.6$)、 $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ ($\Delta_m' = 0 \sim 1$) とし、さらに Δ_{m0} 、 β_m 、 Δ_m' を m によらず一定とする。ここで、 $m=2$ の場合、 β_1 、 α_2 、 β_2 は、それぞれ、 $m=3$ の場合の β_2 (β_{m-1})、 β_3 (β_m)、 α_3' (α_m') とみなす。

記録方式 CD 1-3 及び 2-3 においては、分割数 m が同一である偶数の記録マーク及び奇数の記録マークにおいて、奇数の記録マークを形成する際に、最後の一つ前のオフパルス区間 (β_{m-1}') と、最後の記録パルス区間 (α_m') とに等しい Δ_m (記録方式 CD 1-3、2-3 では Δ_{m0} と表している。) を付与する点に特徴がある。等しい Δ_m (記録方式 CD 1-3、2-3 では Δ_{m0} と表している。) を付与することによって、記録マークの形成を行う記録パルスストラテジーの記録パルス及びオフパルスのレーザー光(パルス光)の発生を制御する電子回路(集積回路)の設計が簡便になり、電子回路(集積回路)コストダウンを図ることができるようになる。

特に、記録マーク後端部の形状を安定させてジッタ特性を改良する観点からは、 Δ_m を 0 より大きくすることが好ましい。具体的には、記録方式 1-3、2-3 において Δ_{m0} とし、 Δ_{m0} を $0 < \Delta_{m0} \leq 0.6$ の範囲とすることが好ましい。記録マーク後端部の形状を安定化するためにさらに好ましいのは、 Δ_{m0} を $0 < \Delta_{m0} \leq 0.5$ の範囲とすることである。

また、 n が奇数である記録マークの後端部の形状を安定化してジッタ特性を改良する観点から、 Δ_m' を $0 \leq \Delta_m' \leq 1$ の範囲とするのが好ましく、 $0 \leq \Delta_m' \leq 0.6$ の範囲とするのがより好ましく、 $0 \leq \Delta_m' \leq 0.5$ の範囲とするのが特に好ましい。

そして、各線速度において、図 17 の手順に従って、最小限のパラメータの最適値を見出していく。すなわち、

- 1) Pw 及び Pe の暫定値 Pw_a 、 Pe_a を決める。
- 2) 偶数マーク及びスペース長 ($n=4, 6, 8, 10$ をすべて含む) だけからなる EFM 信号を Pw_a 、 Pe_a 、 Pb_a を照射して記録する。 α_c 、 β_m を可変として、 $m_{11} = 0.6 \sim 0.8$ となる範囲内で、1 倍速再生時に各マーク長及びスペース長が所定の長さとして再生され、ジッター値が 35 nsec となるような α_c 、 β_m を決める。

3) 続いて、上記偶数長マーク及びスペース長だけからなるEFM信号に、 $n = 3$ 以外の奇数マーク長およびスペース長 ($n = 5, 7, 9, 11$ をすべて含む)を加えてなるEFM信号を Pw_a 、 Pe_a 、 Pb_a を照射して記録する。 α_c 、 β_m は、上記値を用い、 $\Delta_{m0} = \Delta_{m-1} = \Delta_m$ 、 Δ_m' を可変として、1倍速再生時に各マーク長、及びスペース長が所定の長さとして再生され、ジッター値が 35 ns となるような値を見出す。

4) 最後に、3Tマーク及びスペースを加えた、完全なEFM信号を Pw_a 、 Pe_a 、 Pb_a を照射して記録する。 $n = 2$ 以上のマーク長に関しては、上記、 α_c 、 β_m 、 $\Delta_{m0} = \Delta_{m-1} = \Delta_m$ 、 Δ_m' 値を用いる。 $n = 3$ に関する、 T_{d1}' 、 α_1' 、 β_1' のみ可変として、1倍速再生時に3Tマーク長およびスペース長が所定の長さとして再生され、ジッター値が 35 ns となるような値を見出す。

5) Pw_a 、 Pe_a を可変として、 $m_{11} = 0.6 \sim 0.8$ の範囲で、主としてジッタ又はエラーレートが最小となるよう Pw 、 Pe の微調整を行う。

という手順である。各ステップにおいて、 $m_{11} = 0.6 \sim 0.8$ 、ジッタ 35 ns が得られなければ、その媒体は本発明要件を満足しないといえる。

なお、図17において、 Pe/Pw 比及び Pw の初期値は以下のようにして求める。

11Tのマーク長とスペース長のみからなる繰り返しパターン(11Tデータと呼ぶ)を $Pe = 0$ として Pw のみ可変としながら、未記録状態の溝内に記録を行う。この状態で m_{11} が $0.6 \sim 0.8$ の範囲となる Pw を求めて初期値 Pw_a を求める。もし、 Pw を増加させたときに、 m_{11} が $0.6 \sim 0.8$ の範囲を超えてさらに増加するようならば、 m_{11} が 0.7 程度となる Pw 値を初期値 Pw_a とする。次に、該 Pw_a で記録された11Tデータ信号に Pe を直流的に照射して、11Tデータ信号のキャリアレベルの低下率を dB (デシベル値)で測定する。 $Pe/Pw_a = 0.2 \sim 0.6$ の範囲で Pe を増加させながら、この操作を繰り返し、キャリアレベルの低下率が 25 dB を超える最初の Pe を Pe の初期値 Pe_a とする。 Pb の初期値 Pb_a としては、 $0 < Pb_a < 1 \text{ mW}$ なるパワーで再生時にサーボが安定する程度の再生光パワーと等しいパワーを選ぶ。

なお、本明細書において「オーバーライト」とは、一般に、一旦記録したデータを、特定の処理により、均一な未記録・消去状態に戻すことなく新たなデータ

を上書きすることを示す。ただし、本発明においては、初期の均一な未記録・消去状態に記録を行う場合もオーバーライトと捉える。例えば、上記記録方式CD 1-1、1-2、2-1、又は2-2を用いて光記録媒体の特性を評価する場合の「10回オーバーライト」とは、初期の結晶状態に最初の記録（1回オーバーライト）を行ない、次いで9回オーバーライトを行なうことを意味する。これは、以下の説明においても同様の意味に用いる。

また、記録方式CD 1-1、1-2、2-1、及び2-2における「 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 2$ 」との規定は、 $(\alpha_i + \beta_{i-1})$ が基準クロック周期Tとの2倍の時間的長さであることを意味しており、回路設計上不可避免的に生じるゆらぎ程度の誤差は含みうるものであり、具体的には、0.1T程度の差は、実質的に等しいとみなされる。同様に、上記において、例えば特定の α_i を他の α_i 乃至は α_i' と「等しくする」又は「一定にする」というような場合においても、電子回路で実現する上で不可避のばらつきは許容されるものとする。

さらにまた、記録方式CD 1-1、1-2、2-1、及び2-2における記録光の波長は775～795nm程度の範囲でばらついていても大きな問題とはならない。相変化媒体では、このような波長範囲における波長依存性は極めて小さいからである。

1-2. RW-DVDの場合

本発明をRW-DVDに適用する場合においては、記録光による光スポットの媒体に対する速度である線速（度）として3.49m/sを基準速度： V_1 、即ち1倍速とする。

まず、本発明の第1及び第2の要旨に係るディスクについて説明する。

本発明の書換え型光記録媒体は、通常円盤状である。そして相変化型記録層の結晶状態の部分を未記録状態・消去状態とし、非晶質状態の部分を記録状態とする。記録される情報は、レーザー光などの記録光を照射し非晶質マークを形成することにより、EFM+変調された信号からなる。媒体の基板には通常螺旋状の溝が形成される。また、非晶質マークは通常溝内に形成される。ここで、溝とは、基板面上に形成された光ビーム案内用の凹形状の底部であり、記録再生光入射側から見て近い方の面を言う。

データを記録する際には、基準クロック周期Tが基準となり、この整数倍の長

さを有する様々な時間的長さのマーク及びスペース（マーク間）を形成することでデータを記録する。E F M + 変調においては通常時間的長さ $3T \sim 14T$ のマークが形成される。また、基準クロック周期 T は記録線速に反比例して変化させるのが通常である。

基準クロック周期 T の逆数は基準クロック周波数と呼ばれ、DVD の 1 倍速（線速度 3.49 m/s ）における基準クロック周波数はデータの 1 チャネルビットに相当し、通常 26.15625 MHz である。

1 倍速における基準クロック周期 T は通常 $1 / (26.15625 \times 10^6) = 38.2 \times 10^{-9} \text{ (秒)} = 38.2 \text{ (ナノ秒)}$ となる。

以下の説明では、特に断わりのない限り基準クロック周期 T と線速 V との積 VT は線速によらず一定とする。

図 2 (b) に、DVD-RW をはじめとする DVD ファミリーで用いられる E F M + 変調信号の再生波形（アイパターン）の模式図を示す。アイパターンには $3T$ から $11T$ 及び $14T$ の非晶質マーク及び結晶状態のスペースの再生波形が実質的にランダムに含まれている。再生波形は、反射光強度を電圧信号として取り出しオシロスコープ上で観察した波形である。この際、再生信号は直流成分を含んでいる。

アイパターンの上端 I_{14H} を入射光に対する反射率に換算したものがスペースに対応する反射率の上端値 R_{top} であり、アイパターンの振幅（実際上は、 $14T$ マークの振幅） I_{14} を I_{14H} で規格化したものが下記式（DVD 1）で表される記録信号の変調度 m_{14} である。

$$m_{14} = I_{14} / I_{14H} \times 100 \text{ (\%)} \quad (\text{DVD 1})$$

本発明においては、変調度 m_{14} は 55% 以上 80% 以下とする。変調度は光学的分解能に依存するので NA が大きな光学系では大きく見える傾向があるため、本発明においては波長約 650 nm のレーザー光を、開口数 $NA = 0.60$ 又は $NA = 0.65$ の光学系を通して照射し記録する際の変調度 m_{14} とする。ただし波長は厳密に 650 nm である必要はなく、 $630 \sim 665 \text{ nm}$ 程度の範囲にあれば良い。

信号振幅 I_{14} は大きいほうが好ましいが、大きすぎると信号再生系のアンプのゲインが極端に飽和してしまうため m_{14} の上限は 80% 、好ましくは 78% 、さ

らに好ましくは75%程度である。一方、小さすぎると信号体雑音比(SN比)が低下してしまうため、下限は55%、好ましくは60%、さらに好ましくは65%程度である。また、 R_{10p} は18~30%、好ましくは18~25%、さらに好ましくは19~23%の範囲とする。さらに、下記式(DVD2)

$$A_{sym} = \left(\left((I_{14H} + I_{14L}) / 2 - (I_{3H} + I_{3L}) / 2 \right) / I_{14} \right) \times 100 \quad (\%) \quad (DVD2)$$

で定義されるアシンメトリー値 A_{sym} は、できるだけ0付近にあることが望ましいが、通常は+10%~-5%の範囲である。

再生信号のクロックジッタ(jitter)は、図2(b)における再生信号をイコライザとLPFを通過させた後に、スライサにより2値化信号とし、該2値化信号のリーディングエッジとトレーリングエッジのPLLクロックに対する時間のずれの標準偏差(ジッタ)を基準クロック周期Tで規格化したものである。詳細な測定方法は、DVD-ROM規格書やDVD+RW規格書に規定されている。本発明においては、クロックジッタについては、1倍速(基準クロック周期38.2ナノ秒)で再生したときのクロックジッタ値が15%以下とする。ここで、現行のRW-DVD規格では、このクロックジッタの許容値を9%以下としているが、本発明では、近年のDVD再生回路の性能向上を考慮して、15%までを許容値とした。このクロックジッタ値は、12%以下であればより好ましく、10%以下であることが更に好ましい。

変調度 m_{14} 、反射率の上端値 R_{10p} 及びクロックジッタを上記の値とすることにより、従来の相変化型DVD規格と互換性を維持しつつ、6倍速以上のような高速記録された媒体を、既存の相変化型DVD対応の再生系で再生することができる。

なお、以下において、RW-DVDにおけるクロックジッタを単にジッタと呼ぶ場合がある。

本発明の書き換え型光記録媒体において好ましいのは、6倍速、8倍速、10倍速、及び12倍速のいずれかにおいて3Tマークと3Tスペース(マーク間)からなる単一周期信号(3Tデータと称する)を記録後、14Tマークと14Tスペースからなる単一周期信号(14Tデータと称する)をオーバーライトしたときの3Tマークの消去比が20dB以上、好ましくは25dB以上とすること

である。また、好ましくは、12倍速においても上記消去比が20dB以上、好ましくは25dB以上とすることである。高線速での消去比が高い媒体ほど非晶質マーク消去時の再結晶化速度が速く、より高線速でEFM+信号のオーバーライトが可能である。例えば、10倍速や12倍速における上記消去比を20dB以上としておけば、6倍速で使用した際に良好な特性が得られるのは勿論、6倍速以下で使用した際にも良好な特性が得られる。ここで、3Tマークと3Tスペース（マーク間）からなる単一周期信号を記録、及び14Tマークと14Tスペースからなる単一周期信号をオーバーライトするにおいては、後述の記録方式DV D1-1又は1-2の記録方式を用いる。すなわち、3Tマークと3Tスペース（マーク間）からなる単一周期信号を記録するにあたっては、3Tマークを1個の記録パルス P_w と後続のオフパルス P_b ($0 < P_b < 1 \text{ mW}$) からなる記録パワーで記録し、他の区間では消去パワー P_e を照射する。 P_w は記録層を溶融するためのパワーであり、 P_b は P_w 照射後、溶融領域を急冷して非晶質化させるための冷却区間である。14Tマークと14Tスペースからなる単一周期信号をオーバーライトするにあたっては、14Tマークを7個の記録パルス P_w と個々の P_w に付随するオフパルス P_b ($0 < P_b < 1 \text{ mW}$) からなる記録パワーの繰り返しで記録し、他の区間では消去パワー P_e を照射する。3Tデータ及び14Tデータのオーバーライトにおいては、同一の P_e 及び P_w を使用し、 P_e/P_w を0.2～0.6の範囲で一定としながら、 P_e を変化させて消去比の P_e 依存性を測定し、いずれかの P_e において、消去比が20dB以上、好ましくは25dB以上となることを確認する。消去比は、14Tデータのオーバーライトの前後における3Tデータのキャリアレベルの低下率をdB単位で測定したものである。

いずれの場合にも、同一溝内への記録を行い、通常は、1周分の溝に記録を行う。

消去比は、オーバーライトを行う線速度範囲の上限における消去比が十分な値であれば、通常より低線速側で消去比が不足することはない。線速 V で移動する開口数 NA の対物レンズで集光された波長 λ の光ビームで記録層が照射される時間は、 $\lambda/(NA \cdot V)$ で規格化されるから、低線速ほど照射時間は長くなり再結晶化に要する時間を十分確保できるからである。

また、あらかじめ記録された記録信号のジッタが1倍速再生において12%に達するまでの時間を該記録媒体のアーカイバル寿命とすると、温度、80℃、相対湿度85%におけるアーカイバル寿命が200時間以上であること、より好ましくは500時間以上が望ましい。

さらに、本発明においては、上記特性を満足するために、より短時間で評価可能な条件として105℃以上での加速試験を適用し、変調度 m_{14} 及び、結晶状態の反射率 R_{top} のいずれもが、温度105℃の加速試験環境下で3時間後もその初期値の90%以上を維持するのが好ましい。現行市販されている1-2、4倍速対応のDVD+RWがちょうどこの要件を満足するからである。

本発明における、線速 V （この段落では V は6倍速、8倍速、10倍速、及び12倍速のいずれかの線速度を示す。）における変調度 m_{14} 、 R_{top} 、ジッター、アシンメトリー値、消去比等の規定は、線速3.49 m/sを基準速度（1倍速） V_1 としたとき、線速 V において、データ基準クロック周期 T が $VT = V_1 T_1$ （ただし、 T_1 は38.2 nsecである）であるように保ちながらEFM+変調された信号を下記記録方式DVD1-1又は記録方式DVD1-2いずれかの条件内のある1つの記録方式で10回オーバーライト記録した後に、1倍速での再生によって得られる記録信号から与えられる。

記録方式DVD1-1；

波長650 nmの光を、開口数NAが0.65の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT （ n は3～11の整数と14）としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ （ m は3以上の整数）なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、（ j は-2.0～2.0なる実数）を、

$\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 \dots 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ （ i は2～ $m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず0.7～1.2の間の一定値 α_c をとる）、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ （ i は3～ $m-1$ の整数）、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ と

なるように分割し、

$n = 2m + 1$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数)を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1, \beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ ($\Delta_1 = 0.3 \sim 0.6$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.3 \sim 0.6$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $10 \sim 40$ mWであり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする)を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、 1 mW未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、 $\beta_m (= \beta_m')$ 、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m は m によらず一定である。

また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$)の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ m が3の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_3, \alpha_3', \beta_3, \beta_3'$ と等しくするとともに、 β_1 を m が3の場合の β_1 又は β_2 のいずれかと等しくし、 β_1' を m が3の場合の β_1' 又は β_2' のいずれかと等しくする (但し、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする)。

$m = 1$ ($n = 3$)の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

記録方式DVD1-2;

波長 650 nmの光を、開口数 NA が 0.65 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は $3 \sim 11$ の整数と 14)としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的

長さ $(n-j)T$ 、(j は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.7 \sim 1.4$ 、 $\alpha_i = 0.7 \sim 1.2$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.7 \sim 1.4$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.7 \sim 1.2$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n-j$ となるように分割し、

$n = 2m+1$ (m は 3 以上の整数) なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ なる実数) を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1$ 、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.5 \sim 1.2$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n-k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $10 \sim 40 \text{ mW}$ であり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする) を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数) 内には、 1 mW 未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が 3 以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 $\beta_1 (= \beta_1')$ 、 α_c 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定である。また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$) の場合には、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m = 3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする。但し、「等しくする」とはいつても、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。

$m = 1$ ($n = 3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

なお、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i)$ 等は、 i に関して $1 \sim m$ までの和をとることを意味す

る。

本発明においては、上記基準線速の6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速で書き換え可能なRW-DVDにおいては、基準線速の2倍速、2.5倍速、3倍速、4倍速、及び5倍速の少なくともいずれか一つの線速においても、変調度 m_{14} 、 R_{top} 、ジッター、アシンメトリー値、消去比の値が上記数値範囲となるようにするのが好ましい。

さらに、上記基準速度の2倍速、2.5倍速、3倍速、4倍速、及び5倍速のいずれか少なくとも一つの線速度を V_{min} とし、基準速度の6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速を V_{max} とした場合に、 V_{min} と V_{max} との間の全ての線速度 V においても、変調度 m_{14} 、 R_{top} 、ジッター、アシンメトリー値、消去比の値が前記数値範囲となるようにするのが好ましい。これにより、後述のP-C AV又はCAV方式での記録が可能となる。

ここで、2倍速、2.5倍速、3倍速、4倍速又は5倍速における変調度 m_{14} 、 R_{top} 、ジッター、アシンメトリー値、消去比等の規定は、以下のようにして測定される。すなわち、線速 3.49 m/s を基準速度（1倍速） V_1 としたとき、基準速度の2倍速（ $2V_1$ ）、2.5倍速（ $2.5V_1$ ）、3倍速（ $3V_1$ ）、4倍速（ $4V_1$ ）、又は5倍速（ $5V_1$ ）のいずれか一つにおいて、データ基準クロック周期 T が $VT = V_1 T_1$ （ただし、 T_1 は 38.2 nsec であり、 V は、 $2.5V_1$ 、 $3V_1$ 、 $4V_1$ 、及び $5V_1$ のいずれかである。）であるように保ちながらEFM+変調された信号を下記記録方式DVD2-1乃至は2-2のいずれかの条件内の一つの記録方式で10回オーバーライト記録した後に、1倍速での再生によって得られる記録信号から与えられる。

記録方式DVD2-1；

波長 650 nm の光を、開口数 NA が 0.65 の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT （ n は $3 \sim 11$ の整数と 14 ）としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n = 2m$ （ m は3以上の整数）なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、（ j は $-2.0 \sim 2.0$ までの実数）を、

$\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 \dots 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.1 \sim 1$ 、 $\alpha_i = 0.1 \sim 1$ (i は $2 \sim m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず $0.1 \sim 1$ の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.1 \sim 1$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n - j$ となるように分割し、

$n = 2m + 1$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n - k)T$ 、(k は $-2.0 \sim 2.0$ までの実数)を、

$\alpha_1' T$ 、 $\beta_1' T$ 、 $\alpha_2' T$ 、 $\beta_2' T$ 、 \dots 、 $\alpha_m' T$ 、 $\beta_m' T$ 、

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ ($\Delta_1 = 0.3 \sim 0.6$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ (i は $2 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ (i は $3 \sim m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.6$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.3 \sim 0.6$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n - k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は $10 \sim 40$ mWであり、 $P_e / P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする)を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は $1 \sim m$ の整数)内には、 1 mW未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、 $\beta_m (= \beta_m')$ 、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m は m によらず一定である。

また、 $m = 2$ ($n = 4, 5$)の場合には、 α_1 、 α_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ m が3の場合の α_1 、 α_1' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくするとともに、 β_1 を m が3の場合の β_1 又は β_2 のいずれかと等しくし、 β_1' を m が3の場合の β_1' 又は β_2' のいずれかと等しくする。ここで、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。但し、 $m = 2$ における β_2' に関しては、さらに ± 0.5 の範囲において値を変更しうるものとする。

$m = 1$ ($n = 3$)の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

記録方式DVD 2-2 ;

波長650nmの光を、開口数NAが0.65の光学系を介して照射する。

この際、1つの非晶質マークの時間的長さを nT (n は3~11の整数と14)としたとき、

記録マーク間に対しては、非晶質を結晶化し得る消去パワー P_e を照射し、

$n=2m$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-j)T$ 、(j は-2.0~2.0までの実数)を、

$\alpha_1 T, \beta_1 T, \alpha_2 T, \beta_2 T, \dots, \alpha_m T, \beta_m T,$

からなる m 個の $\alpha_i T$ と $\beta_i T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = 0.1 \sim 1, \alpha_i = 0.1 \sim 1$ (i は2~ $m-1$ の整数であり、 α_i はかかる i によらず0.1~1の間の一定値 α_c をとる)、 $\beta_1 + \alpha_2 = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ (i は3~ $m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1} + \alpha_m = 1.7 \sim 2.3$ 、 $\alpha_m = 0.1 \sim 1$ 、 $\beta_m = 0 \sim 2$ 、の順に、 $\sum_i (\alpha_i + \beta_i) = n-j$ となるように分割し、

$n=2m+1$ (m は3以上の整数)なる記録マークに対しては、そのうちの時間的長さ $(n-k)T$ 、(k は-2.0~2.0までの実数)を、

$\alpha_1' T, \beta_1' T, \alpha_2' T, \beta_2' T, \dots, \alpha_m' T, \beta_m' T,$

からなる m 個の $\alpha_i' T$ と $\beta_i' T$ とからなる区間に分割し、かつ、各区間が $\alpha_1 = \alpha_1', \beta_1' = \beta_1, \alpha_i' = \alpha_c$ (i は2~ $m-1$ の整数)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i = 2$ (i は3~ $m-1$ の整数)、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m-1}$ ($\Delta_{m-1} = 0 \sim 0.7$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_m$ ($0 < \Delta_m \leq 0.6$)、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m = 0.5 \sim 1.2$ 、 $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ ($\Delta_m' = 0 \sim 1$)の順に、 $\sum_i (\alpha_i' + \beta_i') = n-k$ となるように分割し、

$\alpha_i T$ および $\alpha_i' T$ なる時間 (i は1~ m の整数)内には、記録層を溶融するに足る一定の記録パワー P_w の記録光 (ただし、 P_w は10~40mWであり、 $P_e/P_w = 0.2 \sim 0.6$ とする)を照射し、

$\beta_i T$ および $\beta_i' T$ なる時間 (i は1~ m の整数)内には、1mW未満のバイアスパワー P_b の記録光を照射する。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 $\beta_1 (= \beta_1')$ 、 α_c 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定である。

また、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ $m=3$ の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \beta_2, \beta_2', \alpha_3, \alpha_3', \beta_3, \beta_3'$ と等しくする。但し、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。

$m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とパイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。

ここに、記録方式 DVD 1-1、1-2、2-1 及び 2-2 において、 j, k は n ごとに異なる値をとっても良い。また、 P_w, P_b, P_e は一定のパワーレベルであり、 $P_b \leq P_e \leq P_w$ としている。そして、記録方式 DVD 1-1、1-2、又は記録方式 DVD 2-1、2-2 をもちいて、EFM+ランダムパターンの記録を行うのであるが、 P_e/P_w 比は $0.2 \sim 0.6$ の間のいずれかの値で一定にして、 P_w を $10 \sim 40 \text{ mW}$ の間で変化させ、最も良好な特性が得られる P_w において、ジッタ、 m_{14} 、及び $R_{t.p.}$ がそれぞれ、上記の値を満足すればよい。ここで、パワー値 P_w, P_e, P_b 等は、記録光ビームのうちの主ビームのみのパワーをいい、いわゆる 3 ビーム法におけるサーボ用のサブビームのように記録に直接関係のないビームに配分されるパワーは除いて考える。 P_e/P_w 比に関しては、まず、 $0.3 \sim 0.4$ の間の値を採用し、その結果、上記の $m_{14}, R_{t.p.}$ 、アシンメトリー等の要件が満足されなければ、 $0.2 \sim 0.3$ あるいは、 $0.3 \sim 0.6$ の間の値を用いる。

また、記録パルス区間 $\alpha_1 T, \alpha_1' T$ 、オフパルス区間 $\beta_1 T$ 及び $\beta_1' T$ のそれぞれにおける光のパワーレベルは、記録パルス区間では P_w でオフパルス区間では P_b で一定とする。ただし、高周波重畳を印可する場合は、 P_w 及び P_b はその区間における平均パワーで定義する。さらに、レーザーダイオードの応答上やむを得ないオーバーシュート、アンダーシュートは許容する。記録パルス $\alpha_1 T$ 及び $\alpha_1' T$ の立ち上がり立ち下がりは、約 2 nsec 以下とするが、 1 nsec 以上 2 nsec 以下とするのが好ましい。

記録方式 DVD 1-1、及び 1-2 は、特開 2001-331936 号公報に示されたような、記録パルス (P_w 照射区間) とオフパルス (P_b 照射区間) とを周期 $2T$ を基本とする繰り返し周期で交互に発生させる記録パルス分割方法にさらに検討を加えたものである。すなわち、本発明においては、上記 $2T$ 周期を

ベースとする記録ストラテジーのうち、特に、6乃至12倍速でオーバーライト可能な相変化型リライタブルDVDに適し、かつ、特に産業上有用な低コストかつ簡便な記録パルス分割方法を見出した。本発明の記録パルスストラテジーを用いることにより、複数のドライブで記録しても記録品位が保ちやすく互換性が確保しやすい記録媒体とその記録方法が提供されるようになる。

そのために、本発明においては、周期 $2T$ を基本とする記録パルス分割方法における可変とすべきパラメータとその範囲を限定する。そして本発明においては、上記周期 $2T$ を基本とする記録パルス分割方法における数あるパラメータのうち、6倍速乃至12倍速における記録品位を良好に保つために必要な最低限のパラメータを見出してこれを変化させている。可変とするパラメータの数を多くすれば6倍速乃至12倍速での良好な記録の達成は比較的容易とある。しかし、数多くのパラメータを可変とすることは、光記録媒体に記録を行う記録装置におけるパルス発生の電子回路（集積回路）の設計をいたずらに複雑にするだけである。このため、本発明においては上記電子回路（集積回路）の設計を容易にしつつ、かつ6倍速乃至12倍速での良好な記録を達成できるような最低限のパラメータを見出したのである。

6倍速乃至12倍速で良好な記録を行うために可変とすべき最低限のパラメータは、6倍速乃至12倍速でオーバーライト可能な記録媒体の検討とパルス分割記録方法とを相互にフィードバックをかけながら検討を行うことにより実現できるものである。従って、本発明は、記録媒体と記録方法とを同時に実現するという高度な創作により実現されたものである。

このような検討により、本発明においては、未だ実現されていない2あるいは2.5倍速から6あるいは12倍速という極めて広範囲の線速度で、記録及び再生の互換性の高い記録媒体と記録方法を提供することができるようになるのである。

RW-DVDにおけるEFM+変調においては、マーク長 nT は、 $n=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14$ の場合があるが、それぞれを、 $m=1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 7$ 個の $2T$ を基本とする周期に分割し、 m 個の記録パルスとオフパルスの組に分割した記録パルスで記録を行う。本発明では、6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速でオーバーライト可能なRW-DVD

を明確に規定するために、特に記録方式DVD 1-1、及び1-2に示したような限定を行っている。

図3は、上記記録方式DVD 1-1、及び2-1におけるパルス分割方法を実施する場合の、各記録パルスの関係の一例を示した図である。尚、図3(b)におけるマーク長 $2mT$ を形成するための記録パルス及びオフパルスの時間幅は、本来は、 α_1T 、 β_1T 、 α_cT 、 \dots 、 α_mT 、 β_mT と表されるが、図を見やすくする観点から、図3(b)においては、単に α_1 、 β_1 、 α_c 、 \dots 、 α_m 、 β_m と記載し、基準クロック周期 T の表示を省略してある。これは図3(c)においても同様である。

図3に示すように、本発明の光記録方法においては、 nT マークの n のとり得る値が奇数であるか偶数であるかに分けて考える。分割数 m が同じ偶数長マークと奇数長マークのマーク長差 $1T$ の補正を、先頭の記録パルスの次のオフパルス区間 β_1T 及び最後尾から2番目の記録パルス周期 $(\beta_{m-1} + \alpha_m)T$ に分散して割り当てる。つまり、マーク長 $1T$ の補正をオフパルス長 β_1T 及び $\beta_{m-1}T$ 、さらには最後尾の記録パルス区間パルス α_mT の調整にて行う。

図3において、300は周期 T の基準クロックをあらわす。

図3(a)は、長さ $nT = 2mT$ 、もしくは $nT = (2m+1)T$ の記録マークに対応したパルス波形であり、符号301が長さ $2mT$ の記録マークの長さに、符号302が長さ $(2m+1)T$ の記録マークの長さに対応する。図3(a)においては、 $m=5$ の場合が示してある。

図3(b)の303は、 $n=2m(=10)$ の場合の分割記録パルスの波形であり、図3(c)の307は、 $n=2m+1(=11)$ の場合の分割記録パルスの波形である。

T_{d1} に T をかけた値は、 α_1T 及び $\alpha_1'T$ の nT マークの前端 T_0 に対する遅延時間であり、通常は n によらず一定とし、さらに通常は、記録パルス発生回路の同期の取り易さから、 $(T_{d1} + \alpha_1)T = (T_{d1} + \alpha_1')T = 2T$ とするが、さらに $\pm 0.5T$ 程度の微調整は許容する。特に、 $3T$ 、 $4T$ 、 $5T$ マークにおいては、そのような遅延時間の微調整を行うことが好ましい。記録パルス区間 α_iT ($i=1\sim m$)における記録パワーレベルは P_w で一定であり、オフパルス区間 β_iT ($i=1\sim m$)におけるバイアスパワーレベルは P_b で一定であり、

マークとマークの間、すなわち $\alpha_i T$ ($i = 1 \sim m$) 及び $\beta_i T$ ($i = 1 \sim m$) 以外の区間における光照射のパワーは消去パワー P_e で一定とする。 n が偶数の場合は、先頭の記録パルスと最後尾のオフパルスを除く区間 304 (つまり図3の305、306を除く区間) では、 $(\beta_{i-1} + \alpha_i) T = 2T$ ($i = 2 \sim m$) で一定とする。ただし、 $(\beta_1 + \alpha_2) T$ 、及び $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ についてのみ、 $\pm 0.3T$ の範囲で微調整可能とする。一方、 n が奇数の場合は、図3の区間308、 $(\beta_{i-1}' + \alpha_i') T = 2T$ ($i = 3 \sim m-1$) で一定とする。

そして、同一分割数で $n = 2m$ 及び $2m+1$ の2種類のマーク長を記録するために、区間 $(\beta_1 + \alpha_2) T$ 、及び区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ をそれぞれ約 $0.5T$ ずつ増減して長さを調整する。なお、熱干渉等の影響で、この値は正確に $0.5T$ となるとは限らないが、概ね $0.3T \sim 0.6T$ の範囲にある。 β_m 及び β_m' は、 $0 \sim 2$ の範囲にあってほぼ同じ値をとるが、 $\beta_m = \beta_m'$ とすることが好ましい。

図3において、偶数長マーク $nT = 10T$ と奇数長マーク $nT = 11T$ のマーク長の差 $1T$ 分の記録は、以下の操作1、2によって行われる。

操作1： 図3の区間309のように、区間 $(\beta_1' + \alpha_2') T$ の、 β_1' のみに Δ_1 を付加し、 $\beta_1' = \beta_1 + \Delta_1$ 、 $\alpha_2' = \alpha_c$ とする。

操作2： 図3の区間310のように、区間 $(\beta_{m-1}' + \alpha_m') T$ に $\Delta_{mm} T$ を付加する。ここで、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m$ として、 Δ_{mm} を Δ_{m-1} と Δ_m とに分けて、 β_{m-1} には Δ_{m-1} を付加し、 α_m には Δ_m を付加する。尚、 Δ_{m-1} はゼロであってもよい。

本発明においては、 Δ_m を0よりも大きくする ($\Delta_m > 0$ とする) して、 $\alpha_m \neq \alpha_m'$ とする。 Δ_m を0よりも大きくすることにより、同一分割数 m のうちの n が奇数である記録マーク後端部の形状が安定してジッタ特性が飛躍的に改善される。さらに好ましいのは、 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しい値とすることである。 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しくすれば、ジッタ特性を良好に保ちつつも、記録パルスストラテジーの記録パルス及びオフパルスにおけるレーザー光 (パルス光) の発生を制御する電子回路 (集積回路) の設計を簡便にすることができるようになる。

以上の操作は3以上の m において行われ、 Δ_1 、 Δ_{mm} は、 $0.3 \sim 0.6$ の値をとるものとする。 Δ_{m-1} 、及び Δ_m は、 Δ_{mm} をどのように配分するかによって

値が決まり、 Δ_{m-1} は0～0.6の値をとり得、 Δ_m は0より大きく、0.6以下の値を取り得る。

前述したように、区間 $(\beta_1 + \alpha_2)T$ 、及び区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m)T$ をそれぞれ約0.5Tずつ増減して長さを調整するためには、 Δ_1 、 Δ_{m-1} 、 Δ_m 、及び Δ_{mm} を0.6としてもよいが、 Δ_1 、 Δ_{m-1} 、 Δ_m は、0.5以下の値とすることが好ましい。

以下、記録方式DVD1-1におけるmが3以上、m=2、及びm=1の場合についてそれぞれ説明する。記録方式DVD2-1については後述する。

記録方式DVD1-1においては、mが3以上では、 $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_m' = \beta_m$ とし、 α_i 及び α_i' は、 $i = 2 \sim m-1$ に対しては、 α_c でiによらず一定とする。また、 α_m 及び α_m' もmによらず一定値とする。さらに α_1 (α_1')は、0.7～1.4、 α_c は0.7～1.2、 α_m は0.7～1.2とする。

さらに、mが3以上の場合には、 α_1 ($= \alpha_1'$)、 α_c 、 β_m ($= \beta_m'$)、 β_1 、 Δ_1 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 Δ_m はmによらず一定とする。6倍速又は8倍速においては、 $\alpha_c = \alpha_1$ ($i = 2 \sim m-1$)は、まず、0.9～1の範囲の値とし、その後±0.2の範囲(0.7～1.2の範囲)で微調整を行う。 α_1 及び α_m は、まず α_c と同じ値を採用し、そして α_c より最大0.3程度大きい範囲で微調整を行うものとする。

ここで、m=2 (n=4, 5)の場合に、 $m-1=1$ であるから、区間 $(\beta_1 + \alpha_2)T$ は、区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m)T$ とも解される。この場合、 $(\beta_1' + \alpha_2')T$ を $(\beta_1 + \alpha_2)T$ より約1T長くするのであるが、より具体的には、 α_1 、 α_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれmが3の場合の α_1 、 α_1' 、 α_m 、 α_m' 、 β_m 、 β_m' と等しくするとともに、 β_1 をmが3の場合の β_1 又は β_{m-1} のいずれかと等しくし、 β_1' をmが3の場合の β_1' 又は β_{m-1}' のいずれかと等しくする。尚、「等しくする」とはいつでも、±10%程度のずれは許容されるものとする。

このようにして、偶数長マークに対して、図3(b)の点線で示される記録パルス列303が得られ、奇数長マークに対して、図3(c)の点線で示される記録パルス列307が得られる。

なお、m=1 (n=3)の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバ

イアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。この場合、 α_1' は、2以上の m における α_1' より 0.1 から 1.5 程度大きくし、 β_1' は 2以上の m における β_1' より小さく、かつ、 β_m 、 β_m' と同じか、それらより大きくするのが好ましい。また、 β_1' の範囲は、0 以上 2 以下とすることが好ましい。

図 16 は、上記記録方式 DVD 1-2、及び 2-2 におけるパルス分割方法を実施する場合の、各記録パルスの関係の一例を示した図である。尚、図 16 (b) におけるマーク長 $2mT$ を形成するための記録パルス及びオフパルスの時間幅は、本来は、 $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_c T$ 、 \dots 、 $\alpha_m T$ 、 $\beta_m T$ と表されるが、図を見やすくする観点から、図 16 (b) においては、単に α_1 、 β_1 、 α_c 、 \dots 、 α_m 、 β_m と記載し、基準クロック周期 T の表示を省略してある。これは図 16 (c) においても同様である。

図 16 に示すように、 nT マークの n のとり得る値が奇数であるか偶数であるかに分けて考える。分割数 m が同じ偶数長マークと奇数長マークのマーク長差 $1T$ の補正を、最後尾から 2 番目の記録パルス周期 ($\beta_{m-1} + \alpha_m$) T 及び最後尾のオフパルス $\beta_m T$ に分散して割り当てる。つまり、マーク長 $1T$ の補正をオフパルス長 $\beta_{m-1} T$ 及び $\beta_m T$ 、さらには最後尾の記録パルス区間パルス $\alpha_m T$ の調整にて行う。

この記録方式は、図 3 に示した記録方式（記録方式 DVD 1-1、2-1）と比較して、偶数、奇数マークで変化させる記録パルス及びオフパルスが、マークの後端部付近に集中しているので、記録マークの後端ジッタがより制御しやすくなる利点を有するのみならず、記録パルスストラテジーの記録パルス及びオフパルスにおけるレーザー光（パルス光）の発生を制御する電子回路（集積回路）の設計が簡便となる利点がある。また、可変とするパラメータ数が少ないという利点がある。

図 16 において、400 は周期 T の基準クロックをあらわす。

図 16 (a) は、長さ $nT = 2mT$ 、もしくは $nT = (2m+1)T$ の記録マークに対応したパルス波形であり、符号 401 が長さ $2mT$ の記録マークの長さ、符号 402 が長さ $(2m+1)T$ の記録マークの長さに対応する。図 16 (a) においては、 $m=5$ の場合が示してある。

図 16 (b) の 403 は、 $n=2m (=10)$ の場合の分割記録パルスの波形

であり、図16(c)の406は、 $n = 2m + 1$ ($= 11$) の場合の分割記録パルスの波形である。

T_{d1} に T をかけた値は、 $\alpha_1 T$ 及び $\alpha_1' T$ の nT マークの前端 T_0 に対する遅延時間であり、通常は n によらず一定とし、さらに通常は、記録パルス発生回路の同期の取り易さから、 $(T_{d1} + \alpha_1) T = (T_{d1} + \alpha_1') T = 2T$ とするが、さらに $\pm 0.5T$ 程度の微調整は許容する。特に、 $3T$ 、 $4T$ 、 $5T$ マークにおいては、そのような遅延時間の微調整を行うことが好ましい。記録パルス区間 $\alpha_i T$ ($i = 1 \sim m$) における記録パワーレベルは P_w で一定であり、オフパルス区間 $\beta_i T$ ($i = 1 \sim m$) におけるバイアスパワーレベルは P_b で一定であり、マークとマークの間、すなわち $\alpha_i T$ ($i = 1 \sim m$) 及び $\beta_i T$ ($i = 1 \sim m$) 以外の区間における光照射のパワーは消去パワー P_e で一定とする。 n が偶数である場合には、区間404では、 $(\beta_{i-1} + \alpha_i) T = 2T$ ($i = 2 \sim m$) で一定とする。ただし、 $(\beta_1 + \alpha_2) T$ 、及び $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ についてのみ、 $\pm 0.3T$ の範囲で微調整可能とする。一方、 n が奇数の場合は、図16の区間407では、 $(\beta_{i-1}' + \alpha_i') T = 2T$ ($i = 2 \sim m-1$) で一定とする。ただし、 $(\beta_1' + \alpha_2') T$ は $(\beta_1 + \alpha_2) T$ と等しくする。

そして、同一分割数で $n = 2m$ 及び $2m + 1$ の2種類のマーク長を記録するために、区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ をそれぞれ約 $1T$ 増減して長さを調整する。なお、熱干渉等の影響で、この値は正確に $1T$ となるとは限らないが、概ね $0.5 \sim 1.2T$ の範囲とする。 β_m と β_m' とは、 $0 \sim 2$ の範囲(記録方式DVD2-2では、 $\beta_m' = 0 \sim 3$ の範囲)でほぼ同じ値をとるが、マーク後端ジッタへの影響を補正するために、 β_m 、 β_m' も個別に微調整する。特に、記録方式DVD2-2では $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ とし、 β_m に Δ_m' ($= 0 \sim 1$) を付加する。

図16において、偶数長マーク $nT = 10T$ と奇数長マーク $nT = 11T$ のマーク長の差 $1T$ 分の記録は、以下の操作3によって行われる。

操作3： 図16の区間408のように、区間 $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ に $\Delta_{mm} T$ を付加して、 $(\beta_{m-1}' + \alpha_m') T$ とする。ここで、 $\Delta_{mm} = \Delta_{m-1} + \Delta_m$ として、 Δ_{mm} を Δ_{m-1} と Δ_m に分けて、 β_{m-1} には Δ_{m-1} を付加し、 α_m には Δ_m を付加する。また、マーク後端のジッタへの影響を補正するため、 β_m に Δ_m' を付加して、 β_m' とする。

以上の操作は3以上の m において行われ、 Δ_{mm} は、0.5～1.2の値をとるものとする。 Δ_{m-1} 、及び Δ_m は、 Δ_{mm} をどのように配分するかによって、 Δ_{m-1} は0～0.6（記録方式DVD2-2では、0～0.7）、 Δ_m は0より大きく0.6以下の値をとり得る。 Δ_{m-1} はゼロであってもよいが、 Δ_m は0よりも大きくして、 $\alpha_m \neq \alpha_m'$ とする。 Δ_m を0よりも大きくすることにより、同一分割数 m のうちの n が奇数である記録マーク後端部の形状が安定してジッタ特性が飛躍的に改善される。さらに好ましいのは、 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しい値とすることである。 Δ_{m-1} と Δ_m とをほぼ等しくすれば、ジッタ特性を良好に保ちつつも、パルス光の発生を制御する電子回路（集積回路）の設計を簡便にすることができるようになる。

Δ_m' は0～1の値をとり、より好ましくは0～0.6の値をとる。特に4倍速程度より低線速度では、6、8、10、又は12倍速における場合より、 Δ_m' は大きくするのが好ましい。一方、6、8、10、又は12倍速では、 $\Delta_m' = 0$ とするのが好ましい。

以下、記録方式DVD1-2における m が3以上、 $m=2$ 、及び $m=1$ の場合についてそれぞれ説明する。記録方式DVD2-2については後述する。

記録方式DVD1-2においては、 m が3以上では、 $\alpha_1' = \alpha_1$ 、 $\beta_1' = \beta_1$ とし、 α_i 及び α_i' は、 $i=2 \sim m-1$ に対しては、 α_c で i によらず一定とする。また、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ は、0.7～1.4の範囲の値をとり、 α_c 及び α_m は0.7～1.2の範囲の値とする。より好ましくは、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 α_c 、及び α_m は0.7～1の範囲とする。

さらに、 m が3以上の場合には、 $\alpha_1 (= \alpha_1')$ 、 β_1 、 α_c 、 β_{m-1} 、 Δ_{m-1} 、 α_m 、 Δ_m 、 β_m 、 Δ_m' は m によらず一定とする。6倍速又は8倍速においては、 $\alpha_c = \alpha_i$ ($i=2 \sim m$)は、まず、1とし、その後さらに ± 0.2 の範囲で微調整を行うのが好ましい。 α_1 及び α_m は、まず α_c と同じ値を採用し、そして α_c より最大0.3程度大きい範囲で微調整を行う。 Δ_m 、 Δ_{m-1} は約0.4を初期値とし、所定のマーク長が得られるように微調整を行う。また、区間410の β_m' はまず、区間405の β_m と等しくし、その後、微調整を行う。

ここで、 $m=2$ の場合に、 $(\beta_1' + \alpha_2')T$ を $(\beta_1 + \alpha_2)T$ より約1T長くするのであるが、 $m-1=1$ であるから、それぞれを、 $(\beta_{m-1}' + \alpha_m')$

T及び $(\beta_{m-1} + \alpha_m) T$ とみなすことができる。そして、 α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' をそれぞれ $m=3$ の場合の α_1 、 α_1' 、 β_2 、 β_2' 、 α_3 、 α_3' 、 β_3 、 β_3' と等しくする。ただし、 $m=2$ の α_1 、 α_1' 、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、及び β_2' は、 $\pm 10\%$ 程度の微調整をさらに行っても良い。

このようにして、偶数長マークに対して、図16(b)の点線で示される記録パルス列403が得られ、奇数長マークに対して、図16(c)の点線で示される記録パルス列406が得られる。

なお、 $m=1$ ($n=3$) の場合には、一対の記録パワー照射区間 $\alpha_1' T$ とバイアスパワー照射区間 $\beta_1' T$ からなる記録光の照射を行う。この場合、 α_1' は、2以上の m における α_1' より0.1から1.5程度大きくするのが好ましい。また、 β_1' の範囲は、0以上2以下とすることが好ましい。

記録方式DVD2-1においては、記録方式DVD1-1と同様のルールで偶数長マークと奇数長マークを記録し、記録方式DVD2-2においては、記録方式DVD1-2と同様のルールで偶数長マークと奇数長マークを記録するのであるが、 α_i 、 α_i' ($i=1\sim m$)は、6から12倍速の線速で記録する場合より小さな値とし0.1~1の範囲とする。これに伴い、 β_i 、 β_i' ($i=1\sim m$)は、6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速の線速で記録する場合より大きい値とする。さらに、記録方式DVD2-2の場合には、特に Δ'_m を0以上1以下の範囲で可変とする。また、 $\Delta_{m-1} + \Delta_m + \Delta_m'$ を0.5以上1.5以下の範囲とするのが好ましい。

記録方式DVD1-1あるいは記録方式DVD1-2において最大線速度 V_{max} を6、8、10、又は12倍速とした場合の α_i 、 α_i' を α_{i0} 、 α_{i0}' とすると、同一媒体を2倍速、2.5倍速、3倍速、4倍速（すなわち、線速 V を $2V_1$ 、 $2.5V_1$ 、 $3V_1$ 、及び $4V_1$ のいずれかとして）で記録方式DVD2-1あるいは記録方式DVD2-2において記録する場合には、概ね、 $\alpha_i = \eta (V/V_{max}) \alpha_{i0}$ 、 $\alpha_i' = \eta (V/V_{max}) \alpha_{i0}'$ と設定し、その後微調整 ± 0.1 程度の範囲で微調整を行う。

ここで、 η は0.8~1.5の範囲の実数である。特に、1.0から1.3の範囲の値をまず採用し、その後、0.8~1.5の範囲に拡大して測定を行う。

なお、記録方式DVD 2-1、2-2においては、 $n=5$ において例外的なルールを適用しうるものとする。

つまり、記録方式DVD 2-1においては、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ m が3の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \alpha_3 (\alpha_m), \alpha_3' (\alpha_m'), \beta_3 (\beta_m), \beta_3' (\beta_m')$ と等しくするとともに、 β_1 を m が3の場合の β_1 又は $\beta_2 (\beta_{m-1})$ のいずれかと等しくし、 β_1' を m が3の場合の β_1' 又は $\beta_2' (\beta_{m-1}')$ のいずれかと等しくする。但し、「等しくする」とはいつでも、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。また、 $m=2$ における α_2' 及び β_2' に関しては、さらに ± 0.5 の範囲において値を変更しうるものとする。

また、記録方式DVD 2-2においては、 $m=2$ ($n=4, 5$) の場合には、 $\alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1', \alpha_2, \alpha_2', \beta_2, \beta_2'$ をそれぞれ $m=3$ の場合の $\alpha_1, \alpha_1', \beta_2 (\beta_{m-1}), \beta_2' (\beta_{m-1}'), \alpha_3 (\alpha_m), \alpha_3' (\alpha_m'), \beta_3 (\beta_m), \beta_3' (\beta_m')$ と等しくする。但し、「等しくする」とはいつでも、 $\pm 10\%$ 程度のずれは許容されるものとする。さらに、 $n=3$ の場合には、 β_1' は0以上3以下の範囲とすることが好ましい。

6倍速までの使用を想定するRW-DVDにおいては、2倍速と6倍速あるいは、3倍速と6倍速とでの記録特性を規定し、8倍速までの使用を想定するRW-DVDにおいては、2.5倍速と8倍速とでの記録特性又は、3倍速と8倍速とでの記録特性又は、4倍速と8倍速とでの記録特性をそれぞれ規定し、10倍速までの使用を想定するRW-DVDにおいては、4倍速と10倍速での記録特性を規定し、同様に、12倍速までの使用を想定するRW-DVDにおいては、4倍速と12倍速とでの記録特性又は、6倍速と12倍速とでの記録特性又は、4倍速と8倍速とでの記録特性をそれぞれ規定することで、後述のCAV記録方式やP-CAV記録方式、ZCLV記録方式に適した媒体を、ドライブでの記録再生互換性の観点から見てほぼ一義的に規定できる。この場合には、低線速側の測定における記録方式DVD 2-1又は2-2において、 $\alpha_1, \alpha_1', \beta_1, \beta_1'$ の値を上記のように線速に概ね比例するように定めておく ($\alpha_1 = \eta (V/V_{max}) \alpha_{10}, \alpha_1' = \eta (V/V_{max}) \alpha_{10}'$) ことが、媒体特性をより良好に規定できるので好ましい。

このようにして、最小線速と最大線速との比が2倍以上となる異なる記録速度範囲における、複数の記録線速度における書き換え型光記録媒体の特性を定義することは、記録ドライブからみた媒体の記録再生互換性を確保する点からも好ましい方法である。特に、記録方式DVD1-1は記録方式DVD2-1と組み合わせて用い、記録方式DVD1-2は記録方式DVD2-2と組み合わせて用いることがより好ましい。

このように特定範囲の媒体を規定する場合には、記録方式DVD1-2と記録方式DVD2-2を組み合わせて、最高線速度 V_{max} が6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速であるRW-DVDを規定することが特に好ましい。

さらに、このような6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速対応の媒体特性の規定方法において、記録方式DVD1-2において、特に以下のように限定した記録方式DVD1-3とすることで、より具体的に媒体特性を限定できる。従って、そのような媒体を複数の記録装置で記録する場合の互換性が確保できて好ましい。すなわち、

(記録方式DVD1-3)

$m=2$ 以上のマーク長においては、 $T_{d1}' = T_{d1} = 2 - \alpha_c$ 、 $\alpha_1' = \alpha_1 = \alpha_c$ ($i=1 \sim m-1$)、 $\beta_1' = \beta_1 = 2 - \alpha_c$ ($i=1 \sim m-2$)、 $\alpha_m = \alpha_c$ 、 $\beta_{m-1} = 2 - \alpha_c$ で一定、かつ、 $\beta_{m-1}' = 1 + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.7$)、 $\alpha_m' = 1 + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.7$)、 $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ とし、 Δ_m 、 Δ_m' 、 β_m 、を m によらず一定とする。ここで、 $m=2$ の場合、 β_1 、 β_1' 、 α_2 、 α_2' 、 β_2 、 β_2' は、それぞれ、 $m=3$ の場合の β_2 (β_{m-1})、 β_2' (β_{m-1}')、 α_3 (α_m)、 α_3' (α_m')、 β_3 (β_m)、 β_3' (β_m')とみなす。 α_c は $0.7 \sim 1.2$ 、より好ましくは $0.7 \sim 1$ 、特に好ましくは $0.9 \sim 1$ とする。

ここで、記録方式DVD1-3 (6、8、10、又は12倍速いずれか一つで適用)と、以下の記録方式DVD2-3 (2、2.5、3、4、又は5倍速のいずれか一つで適用)を組み合わせて、使用する最高線速度 V_{max} が6倍速、8倍速、10倍速、又は12倍速である相変化型リライタブルDVDを規定することが特に好ましい。

すなわち、(記録方式DVD2-3)

$m=2$ ($n=4$)以上のマーク長においては、 $T_{d1}' + \alpha_1' = T_{d1} + \alpha_1 =$

2、 $\alpha_i = \alpha_c$ ($i = 1 \sim m$)、 $\alpha_i' = \alpha_c$ ($i = 1 \sim m-1$)、ただし、 $\alpha_c = 0$ 、 $1 \sim 1$ 、 $\beta_{i-1} + \alpha_i = 2$ ($i = 2 \sim m$)、 $\beta_{i-1}' + \alpha_i' = 2$ ($i = 2 \sim m-1$)、かつ、 $\beta_{m-1}' = \beta_{m-1} + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.7$)、 $\alpha_m' = \alpha_m + \Delta_{m0}$ ($0 < \Delta_{m0} \leq 0.7$)、 $\beta_m' = \beta_m + \Delta_m'$ ($\Delta_m' = 0 \sim 1$)とし、さらに Δ_{m0} 、 β_m 、 Δ_m' を m によらず一定とする。ここで、 $m=2$ の場合、 β_1 、 α_2 、 β_2 は、それぞれ、 $m=3$ の場合の β_2 (β_{m-1})、 β_3 (β_m)、 α_3' (α_m')とみなす。

記録方式DVD 1-3及び2-3においては、分割数 m が同一である偶数の記録マーク及び奇数の記録マークにおいて、奇数の記録マークを形成する際に、最後の一つ前のオフパルス区間 (β_{m-1}') と、最後の記録パルス区間 (α_m') とに等しい Δ_m (記録方式DVD 1-3、2-3では Δ_{m0} と表している。)を付与する点に特徴がある。等しい Δ_m (記録方式DVD 1-3、2-3では Δ_{m0} と表している。)を付与することによって、記録マークの形成を行う記録パルスストラテジーの記録パルス及びオフパルスのレーザー光 (パルス光) の発生を制御する電子回路 (集積回路) の設計が簡便になり、電子回路 (集積回路) コストダウンを図ることができるようになる。

特に、記録マーク後端部の形状を安定させてジッタ特性を改良する観点からは、 Δ_m を0より大きくすることが好ましい。具体的には、記録方式1-3、2-3において Δ_{m0} を0より大きい Δ_{m0} とし、 Δ_{m0} を $0 < \Delta_{m0} \leq 0.7$ の範囲とすることが好ましい。記録マーク後端部の形状を安定化するためにさらに好ましいのは、 Δ_{m0} を $0 < \Delta_{m0} \leq 0.6$ の範囲とすることである。

また、 n が奇数である記録マークの後端部の形状を安定化してジッタ特性を改良する観点から、 Δ_m' を $0 \leq \Delta_m' \leq 1$ の範囲とするのが好ましく、 $0 \leq \Delta_m' \leq 0.6$ の範囲とするのがより好ましく、 $0 \leq \Delta_m' \leq 0.5$ の範囲とするのが特に好ましい。

そして、各線速度において、図17の手順に従って、最小限のパラメータの最適値を見出していく。すなわち、

- 1) Pw 及び Pe の暫定値 Pw_a 、 Pe_a を決める。
- 2) 偶数マーク及びスペース長 ($n=4, 6, 8, 10, 14$ をすべて含む) だけからなるEFM+信号を Pw_a 、 Pe_a 、 Pb_a を照射して記録する。 α_c 、 β

m を可変として、 $m_{14} = 0.55 \sim 0.8$ となる範囲内で、1倍速再生時に各マーク長及びスペース長が所定の長さとして再生され、ジッター値が15%以下となるような α_c 、 β_m を決める。

3) 続いて、上記偶数長マーク及びスペース長だけからなるEFM+信号に、 $n = 3$ 以外の奇数マーク長およびスペース長($n = 5, 7, 9, 11$ をすべて含む)を加えてなるEFM+信号を Pw_a 、 Pe_a 、 Pb_a を照射して記録する。 α_c 、 β_m は、上記値を用い、 $\Delta_{m0} = \Delta_{m-1} = \Delta_m$ 、 Δ_m' を可変として、1倍速再生時にジッター値が15%以下となるような値を見出す。

4) 最後に、3Tマーク及びスペースを加えた、完全なEFM+信号を Pw_a 、 Pe_a 、 Pb_a を照射して記録する。 $n = 2$ 以上のマーク長に関しては、上記、 α_c 、 β_m 、 $\Delta_{m0} = \Delta_{m-1} = \Delta_m$ 、 Δ_m' 値を用いる。 $n = 3$ に関する、 T_{d1}' 、 α_1' 、 β_1' のみ可変として、1倍速再生時にジッター値が15%以下となるような値を見出す。

5) Pw_a 、 Pe_a を可変として、 $m_{14} = 0.55 \sim 0.8$ の範囲で、主としてジッタ又はエラーレートが最小となるよう Pw 、 Pe の微調整を行う。という手順である。各ステップにおいて、 $m_{14} = 0.55 \sim 0.8$ 、ジッタ15%以下が得られなければ、その媒体は本発明要件を満足しないといえる。

なお、図17において、 Pe/Pw 比及び Pw の初期値は以下のようにして求める。

14Tのマーク長とスペース長のみからなる繰り返しパターン(14Tデータと呼ぶ)を $Pe = 0$ として Pw のみ可変としながら、未記録状態の溝内に記録を行う。この状態で m_{14} が $0.55 \sim 0.8$ の範囲となる Pw を求めて初期値 Pw_a を求める。もし、 Pw を増加させたときに、 m_{14} が $0.55 \sim 0.8$ の範囲を超えてさらに増加するようならば、 m_{14} が0.7程度となる Pw 値を初期値 Pw_a とする。次に、該 Pw_a で記録された14Tデータ信号に Pe を直流的に照射して、14Tデータ信号のキャリアレベルの低下率をdB(デシベル値)で測定する。 $Pe/Pw_a = 0.2 \sim 0.6$ の範囲で Pe を増加させながら、この操作を繰り返し、キャリアレベルの低下率が25dBを超える最初の Pe を Pe の初期値 Pe_a とする。 Pb の初期値 Pb_a としては、 $0 < Pb_a < 1\text{mW}$ なるパワーで再生時にサーボが安定する程度の再生光パワーと等しいパワーを選ぶ。

なお、本明細書において「オーバーライト」とは、一般に、一旦記録したデータを、特定の処理により、均一な未記録・消去状態に戻すことなく新たなデータを上書きすることを示す。ただし、本発明においては、初期の均一な未記録・消去状態に記録を行う場合もオーバーライトと捉える。例えば、上記記録方式DVD 1-1、1-2、2-1、又は2-2を用いて光記録媒体の特性を評価する場合の「10回オーバーライト」とは、初期の結晶状態に最初の記録（1回オーバーライト）を行ない、次いで9回オーバーライトを行なうことを意味する。これは、以下の説明においても同様の意味に用いる。

また、記録方式DVD 1-1、1-2、2-1、及び2-2における「 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 2$ 」との規定は、 $(\alpha_i + \beta_{i-1})$ が基準クロック周期Tとの2倍の時間的長さであることを意味しており、回路設計上不可避免的に生じるゆらぎ程度の誤差は含みうるものであり、具体的には、0.1T程度の差は、実質的に等しいとみなされる。同様に、上記において、例えば特定の α_i を他の α_i 乃至は α_i' と「等しくする」又は「一定にする」というような場合においても、電子回路で実現する上で不可避のばらつききは許容されるものとする。

さらにまた、記録方式DVD 1-1、1-2、2-1、又は2-2における記録光の波長は630～660nm程度の範囲でばらついていても大きな問題とはならない。相変化媒体では、このような波長範囲における波長依存性は極めて小さいからである。

2. 媒体の記録層について

本発明の書換え型光記録媒体においては、非晶質マークの高速結晶化による短時間の消去と、非晶質マークの経時安定性とを両立させることが重要である。なおかつ、再生専用CD-ROMドライブ又はDVD-ROMドライブと再生互換をとるために、基準となる光学系において、高変調度を満足すると共に、反射率その他のサーボ信号特性等を満足させるのが好ましい。

高速結晶化と経時安定性とを両立するには、基板上に設けられる相変化型記録層の材料の選択がまず重要となる。本発明では該記録層の結晶化速度を速めることが重要であり、これは記録層の組成を調整することにより達成される。

本発明においては、結晶化速度を高めるために、前記相変化型記録層にSbを主成分とする組成を用いることが好ましい。なお、本発明において、「所定組成

又は所定元素を主成分とする」とは、所定組成又は所定元素が含まれる層全体のうち、前記所定組成又は前記所定元素の含有量が50原子%以上であることを意味する。Sbを主成分とする理由は、Sbの非晶質は、非常に高速で結晶化できるため、非晶質マークを短時間で結晶化することが可能となる。このため、非晶質状態の記録マークの消去が容易となる。この点から、Sbの含有量は60原子%以上であることが好ましく、70原子%以上であることがより好ましい。しかし、一方で、Sb単独で用いるよりも、非晶質形成を促進させ、かつ非晶質状態の経時安定性を高めるための添加元素をSbと共に併用することが好ましい。相変化型記録層の非晶質形成を促進させ、かつ非晶質状態の経時安定性を高めるためには、上記添加元素の含有量を、通常1原子%以上、好ましくは5原子%以上、より好ましくは10原子%以上とし、一方、通常30原子%以下とする。

[illegible]

上述の通り、本発明においては、相変化型記録層の材料として、S bとG e及び／又はT eを併用することが特に好ましい。G e及び／又はT eをS bに添加する際には、相変化型記録層中におけるG eの含有量は、1原子%以上30原子%以下とすることが好ましく、T eの含有量は0原子%以上30原子%以下とすることが好ましい。但し、相変化型記録層の主成分をS bとした場合にS bの含有量は50原子%以上となるため、S bと共にG e及びT eを相変化型記録層に含有させる場合、G e及びT eの合計量は50原子%よりは少なくなるのが好ましい。さらに、T eとG eとを比較するとG eを含有させる方がより好ましい。

相変化型記録層中におけるGe又はTeのそれぞれの含有量は、より好ましくは3原子%以上、さらに好ましくは5原子%以上とする。この範囲とすれば、非晶質マークを安定化する効果が十分に発揮されるようになる。一方、相変化型記

録層中におけるGe又はTeのそれぞれの含有量は、より好ましくは25原子%以下、さらに好ましくは20原子%以下とする。この範囲とすれば、非晶質が安定になりすぎて逆に結晶化が遅くなるという傾向を良好に抑制することができるようになり、結晶粒界での光散乱によるノイズを抑制することができるようになる。また、Ge及びTeの合計含有量は、30原子%以下が好ましく、25原子%以下とすることがより好ましい。この範囲とすれば、非晶質が安定になりすぎて逆に結晶化が遅くなるという傾向を良好に抑制することができるようになり、結晶粒界での光散乱によるノイズを抑制することができるようになる。

本発明の光記録媒体における相変化型記録層に用いる好適な記録層材料の組成は、相変化型記録層中に含有されるTeの量によって、2種類に分類することができる。一つは、Teを10原子%以上含有する組成であり、もう一つはTeを10原子%未満含有する組成（Teを含有しない場合を含む）である。

そのひとつは、記録層材料を、Teを概ね10原子%以上含みつつ、 $Sb_{70}Te_{30}$ 共晶組成よりも過剰のSbを含有する合金が主成分である組成範囲とすることである。具体的には、 Sb/Te を4.5以上、好ましくは5.5以上、一方7.3以下とすることである。

上記記録材料の組成の具体例としては、SbとTeとにGeをさらに含んだ組成を挙げることができる。すなわち、 $Sb_{70}Te_{30}$ 共晶点組成を基本として大幅に過剰のSbを含む $Sb_{70}Te_{30}$ 合金を母体とし、さらにGeを含む、 $Ge_y(Sb_xTe_{1-x})_{1-y}$ （ただし、 $0.01 \leq y \leq 0.06$ 、 $0.82 \leq x \leq 0.9$ ）である組成を主成分とする合金を、上記記録層材料の好ましい組成として挙げることができる。なお、本発明では、組成を原子数比で表す。従って、例えば $y = 0.06$ は、6原子%を意味する。

$Sb_{70}Te_{30}$ より過剰のSbを含む2元合金をベースとし、さらにGeを含んだGeSbTe組成の合金（以下GeSbTe共晶系と呼ぶ）を相変化型記録層に用いると、10から12倍速でオーバーライト可能なCD-RWを得ることができる（特開2001-229537号公報）。この場合、母体となるSbTe合金の組成 Sb_xTe_{1-x} は、 $0.7 < x \leq 0.8$ の範囲内に限られる。この材料組成においてさらに Sb/Te 比を高めると、結晶化速度をさらに速めることができる。従って、 $Sb/Te = 4.5$ 以上（ $0.82 \leq x$ ）とすることで、

24倍速における消去比だけに着目すれば、その値を20dB以上と高くすることはできる。しかし、本発明者らの検討によれば、単純にSb/Te比を高めるだけでは、光記録媒体製造後の初期結晶状態（未記録状態）でのノイズが下がらず、ジッタが高くなり、1倍速再生でマーク及びスペースジッタが35ns以下というCD-RW信号品質の要件を満足できる光記録媒体を得ることができないことが判明した。

すなわち、Teを10原子%以上含みSb/Te比が4.5以上と高い組成では、Ge含有量が6原子%を超えると結晶粒界での光散乱によるノイズが非常に高くなる。Ge含有量が6原子%を越えると、GeTe相が生成して結晶粒界における不整合が顕著な多結晶構造が形成されやすくなるために上記光散乱によるノイズが非常に高くなると推定される。つまり、Teを10原子%以上含みSb/Te比が4.5以上と高い組成では、Ge含有量が6原子%を超えると、未記録の結晶状態ですでにノイズが高くなるため、ジッタが高くなってCD-RWとして良好な記録特性を得ることが困難になる。さらに、GeとTeとの原子比が近い場合、GeTe相の析出によるものと考えられるノイズの上昇が発生する傾向にあるため、GeとTeとの原子比は、1:3以上とすることが好ましく、1:4以上とするのがより好ましい。一方、TeがGeに対して過度に含有されると非晶質マークの経時安定性が低下する傾向があるため、GeとTeとの原子比は、1:20以下とすることが好ましく、1:15以下とすることがより好ましい。

また、単純にSb/Te比を高めた組成では、結晶化速度が速くなりすぎるあまり、非晶質マークが室温近傍でも短時間で再結晶化する傾向があり、信頼性も高く良好なオーバーライト記録特性を有するCD-RWを実現するのは困難であることも判明した。

そこで、本発明者らはさらに検討を進めた結果、Sb/Te比を高めるとともにGe含有量を6原子%以下とし、光記録媒体製造後の初期結晶状態を更に制御することで、高品質な記録信号品質を維持しながら24倍速でのオーバーライトが可能な書き換え型光記録媒体を得ることができることを見出した。

上記GeSbTe共晶系組成における、媒体製造後の初期結晶状態を制御するために重要となる、記録層成膜後の初期化条件についての詳細は後述し、まずGeSbTe共晶系組成について述べる。

GeSbTe 共晶系組成における好ましい組成は、SbTe 共晶点組成より過剰のSbを含む2元合金に非晶質マークの経時安定性及びジッタの改善のためにGeを添加した3元合金をベースとするものと考えることができる。この際、Geの添加により、GeSbTe 共晶系組成における過剰Sbによる高速結晶化機能を損ねることなく、非晶質マークの経時安定性を高めることができると考えられる。Geは、同属のSi, Sn, Pbに比べて特異的に、非晶質マークの安定性を改善する効果がある。また、Geは、結晶化温度を高めるとともに、結晶化の活性化エネルギーを高めるのに最も有効な元素であると考えられる。

Ge量は、 $Ge_y (Sb_x Te_{1-x})_{1-y}$ におけるyの値として0.01以上、特に、0.02以上であることが好ましい。一方このようにSb含有量が多いSbTe 共晶組成では、Ge量が多すぎると、GeTeやGeSbTe系の金属間化合物が析出するとともに、SbGe合金も析出しうるために、相変化型記録層中に光学定数の異なる結晶粒が混在すると推定される。そして、この結晶粒の混在により、記録層のノイズが上昇しジッタが増加することがある。また、Geをあまりに多く添加しても非晶質マークの経時安定性の効果が飽和するため、通常Ge量は、上記式 $(Ge_y (Sb_x Te_{1-x})_{1-y})$ におけるyの値として、0.06以下、好ましくは0.05以下、より好ましくは0.04以下である。

一方、過剰Sbが少なすぎると、再結晶化速度が低すぎて20倍速以上といった高線速で良好なオーバーライトができない場合があるので、特に、24倍速でオーバーライト可能な媒体では、Sb/Teを5.5以上 $(Ge_y (Sb_x Te_{1-x})_{1-y})$ におけるxの値として、 $0.85 \leq x$ 、一方6.5以下 $(Ge_y (Sb_x Te_{1-x})_{1-y})$ におけるxの値として、 $x \leq 0.87$ とすることが好ましい。

GeSbTe 共晶系の組成を用いる場合、更に好ましいのは、上記GeSbTe 共晶系組成にさらにIn、Gaを含有させる系である。すなわち、 $M_z Ge_y (Sb_x Te_{1-x})_{1-y-z}$ ($0.01 \leq z \leq 0.1$, $0.01 \leq y \leq 0.06$, $0.82 \leq x \leq 0.9$ であり、MはGa及びInからなる群から選ばれた少なくとも一種の元素を表す。) で表される組成を主成分とする前記相変化型記録層を用いることである。

上記M=Ga, Inで示される一群の元素のうち少なくとも1種を添加するこ

とによりさらに特性が改善される。In、Gaはジッタの低減に効果がある。ただし、元素Mの量が多すぎると特定の物質の経時的偏析や繰返しオーバーライトによる偏析が起こりやすくなるため、元素Mの添加量は、 $M_zGe_y(Sb_xTe_{1-x})_{1-y-z}$ 式におけるzの量として、好ましくは0.1以下、より好ましくは0.09以下とする。一方、In、Gaの添加によるジッタの低減の効果を発現させるためには、上記zの値は、好ましくは0.01以上、より好ましくは0.03以上、さらに好ましくは0.05以上とする。

GeSbTe共晶系の組成において、In、Ga以外に含みうる元素としては窒素、酸素及び硫黄を挙げることができる。これら元素は、繰返しオーバーライトにおける偏析の防止や光学特性の微調整ができるという効果がある。窒素、酸素及び硫黄の含有量は、Sb、Te及びGeの合計量に対して5原子%以下であることがより好ましい。

また、Sn、Cu、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、CoをGeSbTe共晶系の組成に含有させることもできる。これら元素は、ごく微量の添加により、結晶成長速度を低下させることなく、結晶化温度を上昇させ、さらなる経時安定性の改善に効果がある。ただし、これら元素の量が多すぎると特定の物質の経時的偏析や繰返しオーバーライトによる偏析が起こりやすくなるため、添加量は、通常1原子%以上とし、通常5原子%以下、好ましくは3原子%以下とする。偏析が生じると、記録層が初期に有する非晶質の安定性や再結晶化速度等が変化して、オーバーライト特性が悪化することがある。

ここで、上述の記録層組成が他の組成に比して特に好ましいことを説明する。

InGeSbTe合金については特開平1-63195号公報、特開平1-14083号公報、特開平5-16528号公報、特開平9-293269号公報にも記載があるが、いずれもGeTe-Sb₂Te₃擬似2元合金近傍組成を好ましいとしている。

本発明の前記組成はこれらとは異なり、SbTe共晶組成を主成分とし、大幅に過剰のSbを含む組成である。

本発明においては、相変化記録層の結晶状態において、前記記録層が同一の結晶相を主体として形成されていることが好ましい。その結果、ノイズが減少し、保存安定性が向上し、高速での結晶化が容易となる等の特性を得ることができる。

Sb_2Te_3 等の六方晶構造を有する結晶相や Sb 等の立方晶ではあるが格子定数が大きく異なる結晶相、さらには Sb_7Te 、 Sb_2Te_3 等のその他の空間群に属する他の結晶相が同時に存在する場合、格子不整合の大きな結晶粒界が形成される結果、マークの周辺形状が乱れたり、光学的なノイズが発生したりすると考えられるのに対し、同一の結晶相からなる場合には、このような結晶粒界が生じず、ノイズの減少、保存安定性の向上、及び高速結晶化等が可能となる。

ここで、記録層を同一の結晶相とするためには、媒体製造後の結晶状態を制御することが重要となる。これは、記録層を基板上に成膜した後の初期結晶化操作を行う際の初期結晶化条件の制御が重要であることを意味する。 GeSbTe 共晶系の組成における上記初期結晶化操作の詳細については後述する。

本発明に用いる Sb を主成分とする記録層は、結晶成長が主体の結晶化過程を示す。すなわち、通常、結晶化過程は、結晶化温度以上の相対的に低温領域で起きる結晶核生成と、むしろ融点直下の相対的に高温領域で進行する結晶核の成長という2つの過程を経るが、本発明に用いる Sb を主成分とする記録層は、結晶核生成が少なく、結晶成長速度が極めて速いという特徴を有する。

本発明に用いる光記録媒体は、該光記録媒体を構成する記録層等の各層を成膜した後に、該記録層を初期結晶化して記録層を高反射率の未記録・消去状態として製品とされる。そして、記録層への情報の記録は、記録層に局所的に集束光ビームを照射して該記録層を熔融せしめ、急冷することで非晶質マークを形成することにより行う。一方、記録層からの情報の消去は、形成された前記非晶質マークを再結晶化することによって再び記録層を結晶状態に戻すことにより行う。

ここで、上記消去（再結晶化）は、その周辺の結晶相を結晶核として、非晶質マーク周辺部からの結晶成長で非晶質部を埋め尽くすことにより達成される。したがって、非晶質マーク内部での結晶核生成の寄与は少なく、融点直下に近い高温で進行する、周辺結晶部からの結晶成長の寄与が支配的である。

このような、周辺結晶部からの結晶成長が主体の光記録媒体における消去は、当然、非晶質マークのサイズに依存する（例えば、G. F. Zhou et. al., Proc. SPIE, Vol. 4090 (2000)、108ページを参照）。特に、CDやDVDのようなマーク長変調記録においては、記録再生用の集束光ビーム進行方向に沿って細長いマークが形成されるので、上記消去は進

行方向に対して横断方向のマーク幅に依存する。つまり、マーク幅が広いほど、消去に時間がかかる。

したがって、最近開発が行われ始めた、波長 $\lambda = 400\text{ nm}$ 程度、集束光ビームの集束用対物レンズの $NA = 0.85$ 程度の光学系（以下、青色記録系と称する）での高密度マーク長変調記録よりも、相対的に低記録密度である $CD-RW$ 、 $RW-DVD$ の方が、非晶質マークの大きさが大きくなる分、高速消去が困難で、高速オーバーライト記録が難しいという事情がある。

本発明者らの検討によれば、特に Sb/Te 比が同じ記録層組成ならば、概ね λ/NA で決まる集束光ビームの径の平方根とオーバーライト可能な線速度の上限とは反比例することがわかった。例えば、上記、青色記録系では、 Ge を添加した $SbTe$ 共晶系記録層を用いて、すでに 20 m/s 程度でオーバーライト可能な記録層が本発明者らによって報告されている（Horie et al., Proc. SPIE, Vol. 4342 (2001), 76ページ）。青色記録系では、概ね Sb/Te 比が4程度であっても 20 m/s でのオーバーライトが達成できる。しかしながら、 $RW-DVD$ 系（ $\lambda = 660\text{ nm}$ 、 $NA = 0.65$ ）では、約 14 m/s 程度までしかオーバーライトができない。また、 $CD-RW$ 系（ $\lambda = 780\text{ nm}$ 、 $NA = 0.5$ ）では、 11 m/s 程度でしかオーバーライトができない。つまり、青色記録系で、 20 m/s 程度より高線速でオーバーライト可能な記録層を単純に適用しても、 $CD-RW$ での18～20倍速や $RW-DVD$ での5倍速程度では良好なオーバーライトはできない。さらに、青色記録系では、結晶粒によるノイズの影響が低くて、 Sb/Te 比が高く比較的結晶粒界ノイズの大きな記録層でも適用可能であるが、 $CD-RW$ や $RW-DVD$ に適用する場合は、 Sb/Te 比が高くなることによる結晶粒界のノイズの影響は無視できなくなる。

このため、 $SbTe$ 共晶系材料を $RW-DVD$ 、 $CD-RW$ に適用するためには、 Sb/Te をより高くして、少なくとも4.5以上とせねばならない。一方、単純に Sb/Te 比を高めれば良いのではなく、前述のような組成範囲及び後述のような初期化方法を工夫して、より結晶粒界によるノイズを低くするための対策を行う必要がある。また、室温近傍における非晶質マークの安定性にも一層注意を払わねばならない。もちろん、本発明に用いる光記録媒体の他の構成要素で

ある保護層等の膜厚等に関しても、変調度、 $R_{t.o.p}$ を考慮した大幅な見直しが必要であることはいうまでもない。

相変化型記録層中に含有されるTeの量によって分類することができる、本発明の光記録媒体に用いるもう一つの好適な記録層材料の組成としては以下のものをあげることができる。すなわち、相変化型記録層の組成を、Sbを主成分としつつ、Teを10原子%未満とし、さらにGeを必須成分として含有するようにするのである。このような組成とすることにより、CD-RWの32倍速でのオーバーライトが可能となる。

上記相変化型記録層の組成の具体例としては、 $Ge_{10}Sb_{90}$ 近傍組成の共晶合金を主成分とし、Teを10原子%未満含有する合金（本明細書においては、これをGeSb系共晶合金と呼ぶ場合がある。）を好ましく挙げることができる。

Te添加量が10原子%未満の組成は、SbTe共晶ではなく、GeSb共晶を基本とするGeSb系共晶合金としての性質を有するようになる。このGeSb系共晶合金は、Ge含有量が10原子%程度と高くても、初期結晶化後の多結晶状態の結晶粒径は比較的微細なために結晶状態が単一相となりやすく、ノイズが低い。GeSb系共晶合金においては、Teは、付加的に添加されるにすぎず必須元素とはならない。

GeSb系共晶合金では、Sb/Ge比を相対的に高くすることで、結晶化速度を速めることができ、再結晶化による非晶質マークの再結晶化が可能である。

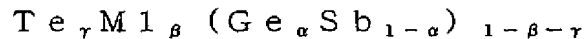
本発明者等の検討によれば、このGeSb系共晶合金を相変化記録材料として用いた光記録媒体は、CD-RWにおいて32倍速で消去比25dBを達成するほど、高速結晶化が可能でありながら、非晶質マークは、上記GeSbTe共晶系よりさらに安定であることがわかった。また、このGeSb系共晶合金を相変化記録材料として用いた光記録媒体は、上記GeSbTe共晶系で、24倍速、さらには、32倍速での消去を可能にするためにSb/Te比を高めた場合に見られるノイズの増加がなく、低ノイズでの記録が可能になるなどの特徴があることも見出した。

実際に、透過電子顕微鏡により、未記録又は消去状態の結晶状態にある記録層を剥離して観察したところ、これらGeSb共晶をベースとする合金記録層では、SbTe共晶をベースとする合金記録層よりも、結晶粒径が小さくなっており、

これが結晶粒界や結晶の異方性による光の散乱に由来するノイズの低下に有効であることがわかった。

ここで、このGeSb系共晶合金を主成分とする場合には、Geの含有量は1原子%以上、30原子%以下とするのが好ましい。

このようなGeSb系共晶合金の好ましい組成としては、



(ただし、 $0.01 \leq \alpha \leq 0.3$ 、 $0 \leq \beta \leq 0.3$ 、 $0 \leq r < 0.1$ 、 $2 \leq \beta/r$ 、 $0 < \beta + r \leq 0.4$ であり、M1はIn、Ga、及びSnからなる群から選ばれる一つである。)を挙げることができる。GeSb2元共晶合金に、In、Ga、又はSnを添加することにより、結晶状態と非晶質状態の光学的特性差を大きくする効果を顕著とすることができ、CD-RW及びRW-DVDの互換媒体において高い変調度を得ることができるようになる。

上記TeM1GeSb系の組成においては、Geは、非晶質の形成を容易にし、非晶質の記録マークの保存安定性を高める働きがある。このため、Geの含有量を示す α は、通常0.01以上とするが、好ましくは0.03以上、より好ましくは0.05以上とする。一方で、Geの含有量が多くなると結晶化速度が低下するので、20m/s以上の高速記録でのオーバーライトにおける消去性能を確保するためには、 α は、通常0.3以下とするが、0.2以下とするのが好ましい。

また、上記TeM1GeSb系の組成においては、元素M1はIn、Ga、及びSnからなる群から選ばれる一つとする。

元素M1としてIn、Gaを用いることで、超高速記録におけるジッタが改善され、光学的なコントラストも大きくすることができるようになる。このため、In及び/又はGaの含有量を示す β は、通常0以上、好ましくは0.01以上、より好ましくは0.05以上とする。ただし、In又はGaが過度に多いと、消去状態として使用する結晶相とは別に、非常に低反射率のIn-Sb系、又はGa-Sb系の他の結晶相が形成されてしまう。特に、長時間保存した場合に、この結晶相が析出し、 R_{top} が低下する。従って、 β は、通常0.3以下、好ましくは、0.2以下、より好ましくは、0.15以下とする。尚、InとGaとを比較すると、Inの方がより低ジッタを実現できるため、上記M1はInとする

ことが好ましい。

一方、元素M1としてSnを用いることで、超高速記録におけるジッタが改善され、光学的なコントラスト（結晶状態と非晶質状態の反射率差）が大きくとれるようになる。このため、Snの含有量を示す β は、通常0以上、好ましくは0.01以上、より好ましくは0.05以上とする。ただし、Snが過度多いと、記録直後の非晶質相が、低反射率の他の非晶質相に変化してしまう。特に、長時間保存した場合に、この安定化非晶質相が析出し、消去性能が低下する。従って、 β は、通常0.3以下、好ましくは0.25以下、より好ましくは0.2以下、更に好ましくは0.15以下、特に好ましくは0.12以下とする。

元素M1として、In、Ga、及びSnのうち複数の元素を用いることもできる。元素M1に複数の元素を用いる場合は、変調度を大きくする点から、In及びSnを含有させることが好ましい。In及びSnを含有させる場合、これら元素の合計含有量は、通常1原子%以上、好ましくは5原子%以上とし、通常40原子%以下、好ましくは30原子%以下、より好ましくは25原子%以下とする。

上記TeM1GeSb系の組成においては、Teを含有することで超高速記録における消去比の経時的変化を改善することができるようになる。このため、Teの含有量を示す γ は、通常0以上とするが、好ましくは0.01以上、より好ましくは0.02以上、さらに好ましくは0.03以上、特に好ましくは0.05以上とする。ただし、Teが過度に多いと、ノイズが高くなる場合があるため、 γ は、通常0.1より小とするが、0.09以下とするのが好ましく、0.08以下とするのがより好ましく、0.07以下とするのがさらに好ましい。

尚、上記TeM1GeSb系の組成において、Teと元素M1とを含有させる場合は、これらの合計含有量を制御することが有効である。従って、Te及び元素M1の含有量を示す $\beta + \gamma$ は、通常0より大きくするが、好ましくは0.01以上、より好ましくは0.05以上とすることである。 $\beta + \gamma$ を上記範囲とすることで、Te及び元素M1を同時に含有させる効果が良好に発揮されるようになる。一方、GeSb系共晶合金を主成分とする効果を良好に発揮されるために、 $\beta + \gamma$ は、通常0.4以下、好ましくは0.35以下、より好ましくは0.3以下とする。一方、元素M1とTeとの原子数比を表す β / γ は2以上とするのが好ましい。Teを含有させることによって光学的コントラストが低下する傾向に

あるため、Teを含有させた場合には、元素M1の含有量を若干多くする（ β を若干大きくする）ことが好ましい。

上記TeM1GeSb系の組成に添加しうる元素としては、Au、Ag、Pd、Pt、Si、Pb、Bi、Ta、Nb、V、Mo、希土類元素、N、O等があり、光学特性や結晶化速度の微調整等に使われるが、その添加量は、最大で10原子%程度である。

以上において最も好ましい組成の一つは、 $\text{In}_p\text{Sn}_q\text{Te}_r\text{Ge}_s\text{Sb}_t$ ($0 \leq p \leq 0.3$ 、 $0 \leq q \leq 0.3$ 、 $0 < p + q \leq 0.3$ 、 $0 \leq r < 0.1$ 、 $0 < s \leq 0.2$ 、 $0.5 \leq t \leq 0.9$ 、 $p + q + r + s + t = 1$) なる合金系を主成分とする組成である。TeとIn及び／又はSnとを併用する場合には、 $(p + q) / r \geq 2$ とするのが好ましい。

上記組成を用いることにより、GeSb共晶系において、In、Snを含有させることによる変調度の増大が達成されるとともに、ジッタの低減も達成される。そして、Teを含有させることによって、消去能力の経時安定性も改善される。さらに、上記組成においては、いずれかの添加元素に由来する結晶相の出現が抑制され、実質的にSbの六方晶を基本とする単一相多結晶が安定的に形成される利点もある。

上記GeSbTe共晶系組成及びGeSb系共晶組成のいずれを記録層に用いる場合においても、記録層の結晶相は同一の結晶相を主体として形成されることが好ましい。このような結晶相の形態は、記録層の初期化方法に大きく依存する。即ち、本発明において好ましい上記結晶相を形成させるためには、記録層の初期化方法を下記のように工夫するのが好ましい。

記録層は通常スパッタ法等の真空中の物理蒸着法で成膜されるが、成膜直後のas-deposited状態では、通常非晶質であるため、通常はこれを結晶化させて未記録消去状態とする。この操作を初期化と称する（本明細書においては、初期化を「初期結晶化操作」又は「初期結晶化」という場合がある。）。初期化操作としては、例えば、結晶化温度（通常150～300℃）以上融点以下の固相でのオープンアニールや、レーザー光やフラッシュランプ光などの光エネルギー照射でのアニール、熔融初期化などの方法が挙げられるが、上記好ましい結晶状態の記録層を得るためには、熔融初期化を用いるのが好ましい。固相で

のアニールの場合は、熱平衡を達成するための時間的余裕があるために、他の結晶相が形成されやすい一方で、熔融初期化を用いた場合は、固層よりも結晶核を生成しやすく、かつ熱平衡を達成するための時間が短くなり、単一の結晶相が形成されやすくなる利点がある。

熔融初期化においては、記録層を熔融させて再凝固時に直接再結晶化させてもよく、また、再凝固時にいったん非晶質状態とした後、融点近傍で固相再結晶化させてもよい。この際、結晶化の速度が遅すぎると熱平衡を達成するための時間的余裕があるために他の結晶相が形成されることがあるので、ある程度冷却速度を速めるのが好ましい。

熔融初期化においては、融点以上に保持する時間は、通常 $2 \mu\text{s}$ 以下、好ましくは $1 \mu\text{s}$ 以下とすることが好ましい。また、熔融初期化には、レーザ光を用いるのが好ましく、特に、走査方向にほぼ平行に短軸を有する楕円型のレーザ光を用いて初期化を行う（以下この初期化方法を「バルクイレーズ」と称することがある）のが好ましい。この場合、長軸の長さは、通常 $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ であり、短軸の長さは、通常 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ である。なお、ここでいうビームの長軸及び短軸の長さは、ビーム内の光エネルギー強度分布を測定した場合の半値幅から定義される。使用する相変化媒体のオーバーライト記録可能な最高使用線速度より高い速度で走査した場合、初期化操作で一旦熔融した領域が非晶質化してしまうことがある。従って、オーバーライト記録可能な最高使用線速度以下の線速度で操作することが好ましい。なお、最高使用線速度そのものは、その線速度でオーバーライトして消去比を測定したときに、消去比が 20 dB を超えるような記録線速度の上限として定まる。レーザ光源としては、半導体レーザ、ガスレーザ等各種のものが使用できる。レーザ光のパワーは通常 100 mW から 5 W 程度である。

GeSbTe 共晶系組成を用いる記録層における好ましい走査速度について説明する。

特開 2001-229537 号公報で開示されたような 10 から 12 倍速をオーバーライト可能な最高使用線速の上限とする Sb/Te 比が 4 以下の GeSbTe 共晶系組成においては、好ましい走査速度は、 $3 \sim 10 \text{ m/s}$ 程度となる。また、特開 2001-331936 号公報に開示されたような 16 倍速程度のオ

オーバーライトを想定したGeSbTe共晶系組成においても、好ましい走査速度は、3～10 m/s程度となる。このように、使用するオーバーライト線速度が高まるにつれ、初期化時の走査速度は速まる傾向があった。

これに対し、本発明のように、Sb/Te比を4.5以上と非常に高くしたGeSbTe共晶系組成においては、むしろ0.1～3 m/sの低線速、特に好ましくは、2 m/s程度の低線速とする方が、良好な初期結晶化を行うことができることが判明した。

一方で、GeSb系共晶組成（GeSb系共晶合金）の記録層においては、高線速度で走査しながら初期化することが望ましく、概ね10～20 m/sで初期化すればよい。

バルクイレーズによる初期化の際、例えば円盤状の記録媒体を使用した際、楕円ビームの短軸方向をほぼ円周方向と一致させ、円盤を回転させて短軸方向に走査するとともに、1周（1回転）ごとに長軸（半径）方向に移動させて、全面の初期化を行うことができる。1回転あたりの半径方向の移動距離は、ビーム長軸より短くし、同一半径領域がレーザー光ビームで複数回照射されるようにするのが好ましい。その結果、確実な初期化が可能となると共に、ビーム半径方向のエネルギー分布（通常10～20%）に由来する初期結晶化状態の不均一を回避することができる。一方、移動量が小さすぎると、かえって前記他の好ましくない結晶相が形成されやすいので、上記1回あたりの半径方向の移動距離は、通常ビーム長軸の1/2以上とする。

良好に熔融再結晶化が行われたかどうかは、実際の1 μm程度の記録光で非晶質マークを複数回オーバーライトした後の消去状態（結晶状態）の反射率R1と、初期結晶化後の未記録状態の反射率R2とが実質的に等しいかどうかで判断できる。ここで、非晶質マークが断続的に記録されるような信号パターンを用いた場合には、R1の測定は、通常は5から100回程度の複数回のオーバーライト後に行う。このようにすることにより、一回の記録だけでは未記録状態のまま残っているマーク間の反射率の影響を除去する。

反射率R1を測定するための上記消去状態は、必ずしも記録用集束レーザー光を実際の記録パルス発生方法に従って変調しなくても、記録パワーを直流的に照射して記録層を熔融せしめ、再凝固させることによっても得られる。

本発明には、 R_1 と R_2 とで定義される下記式(F1)の値が10(%)以下、特には5(%)以下となるようにするのが好ましい。

$$2 | R_1 - R_2 | / (R_1 + R_2) \times 100 (\%) \quad \dots (F1)$$

例えば、 R_1 が17%程度の相変化媒体では、概ね R_2 が16～18%の範囲にあればよい。

そして、上記(F1)を満たすようにするためには、概ね実際の記録条件と等しい熱履歴を初期結晶化によって与えるのが好ましいのである。

また、このような初期化を施した未記録状態、又はこれに複数回オーバーライトを行った後の消去状態にあるSbを主成分とする合金記録層(結晶状態)を剥離して、透過電子顕微鏡により記録層を観察したところ、純粋なSbの六方晶に近い結晶相のみが見られる単一相を形成し、その結晶粒が記録面内方向に関して特定方向に配向していることもわかった。

3. 媒体の層構成について

次に、本発明に用いられる媒体の層構成及び記録層以外の層について説明する。層構成及び記録層以外の層の組成を制御することは、記録層の高速結晶化及び記録マークの経時安定性を両立させつつ、媒体の光学特性を特定範囲としCD又はDVDとの再生互換性を保つために重要である。

本発明の媒体の基板には、ポリカーボネート、アクリル、ポリオレフィンなどの樹脂、あるいはガラスを用いることができる。なかでもポリカーボネート樹脂が最も好ましい。これは、ポリカーボネートがCD又はDVDにおいて最も広く用いられている実績もあり安価でもあるためである。尚、基板側から収束光ビームが入射するような場合には、基板は透明であることが好ましい。基板の厚さは通常0.1mm以上、好ましくは0.3mm以上、一方、通常2.0mm以下、好ましくは1.5mm以下である。一般的には、CDの場合は1.2mm程度とされ、DVDの場合は0.6mm程度とされる。

DVDの場合、このような基板の上に反射層や保護層等の所定の層を介して相変化型記録層を設け、さらにこの相変化型記録層上に保護層等の所定の層を介して再度基板が設けられる。すなわち、DVDにおいては、相変化型記録層の上下を2枚の基板で挟むような構造を採用する。

記録層は、記録時の高温による変形を防止するためその上下を保護層で被覆さ

れていることが望ましい（説明の便宜上、記録層に対して入射される光の側にある保護層を下部保護層、反対側にある保護層を上部保護層と称することがある。）。

現行CD又はDVDシステムとの互換性を維持するために、望ましい媒体の層構成は、基板上に、下部保護層、記録層、上部保護層及び反射層を設けるようにすることである。この場合、基板と反対側の表面を紫外線もしくは熱に対して硬化性の樹脂で被覆（保護コート）することができる。

記録層、保護層及び反射層は、スパッタリング法によって形成することができる。この場合、記録膜用ターゲット、保護膜用ターゲット及び必要な場合には反射層材料用ターゲットを同一真空チャンバー内に設置したインライン装置でスパッタリングによる膜形成を行うことが、記録層、保護層、及び反射層の各層間における酸化や汚染を防ぐ点で望ましい。

保護層に用いられる材料としては、屈折率、熱伝導率、化学的安定性、機械的強度、密着性等に留意して決定される。一般的には透明性が高く高融点である金属や半導体の酸化物、硫化物、窒化物、炭化物やCa、Mg、Li等のフッ化物を用いることができる。これらの酸化物、硫化物、窒化物、フッ化物は必ずしも化学量論的組成をとる必要はなく、屈折率等の制御のために組成を制御したり、混合して用いることも有効である。

繰返し記録特性を考慮すると誘電体の混合物が好ましい。より具体的には、ZnSやZnO、希土類硫化物と酸化物、窒化物、炭化物等の耐熱化合物との混合物が挙げられる。これらの保護層の膜密度はバルク状態の80%以上であることが機械的強度の面から望ましい。

本発明においては、保護層、特に上部保護層の熱伝導率をできるだけ小さくするのが好ましい。具体的には、熱伝導率が $1\text{ J} / (\text{m} \cdot \text{k} \cdot \text{s})$ 以下のものを使用するのが好ましい。このような材料としては、ZnSやこれを50mol%以上含む混合物を挙げることができる。

下部保護層膜厚は通常30nm以上であるが、50nm以上とすることが好ましく、60nm以上とすることがより好ましく、80nm以上とすることが特に好ましい。繰返しオーバーライト時の熱ダメージによる基板変形を抑制するためには、ある程度の膜厚が必要であり、下部保護層の膜厚が薄すぎると、繰返しオーバーライト耐久性が急激に悪化する傾向にある。特に、繰返し回数が数百回未

溝の初期に急激にジッタが増加する傾向にある。CD-RWにおいては、下部保護層膜厚を80nm以上とすることが特に好ましい。

繰返し初期のジッタの悪化は、下部保護層膜厚に著しく依存する。本発明者等の原子間力顕微鏡（AFM）による観察によれば、この初期劣化は基板表面が2～3nm程度へこむ変形によるものであることがわかった。基板変形を抑制するためには、記録層の発熱を基板に伝えないために熱絶縁効果があり、かつ、機械的に変形を押さえ込むような保護層膜厚が必要であり、そのために上記の膜厚が好ましい。

また、下部保護層の膜厚を制御することにより、反射率 $R_{t.p}$ を所定範囲とすることができるようになる。

すなわち、波長780nm付近のレーザを用いるCD-RWにおいて通常用いられる屈折率2.0～2.3程度の誘電体からなる保護層では、下部保護層の膜厚を60～80nmとすると反射率 $R_{t.p}$ が最小となり、下部保護層の膜厚が0及び150nm程度で反射率 $R_{t.p}$ が最大となるのが通常である。該下部保護層膜厚の変化に伴って、反射率は最大と最小を取る周期的な変化を示す。従って、あまり厚くすることは光学的には意味がなく、また材料コストの増大、厚膜成膜による基板上に形成された溝が埋まってしまう現象（溝カバレッジ現象）等が発生することもある。よって $R_{t.p}$ を15～25%とするには、通常下部保護層を120nm以下、好ましくは100nm以下、より好ましくは90nm以下とする。

一方、波長660nm付近のレーザを用いるRW-DVDにおいて通常用いられる屈折率2.0～2.3程度の誘電体からなる保護層では、下部保護層の膜厚を50～70nmとすると反射率 $R_{t.p}$ が最小となり、下部保護層の膜厚が0及び130nm程度で反射率 $R_{t.p}$ が最大となるのが通常である。従って、CD-RWと同様の考え方から、下部保護層は通常100nm以下、好ましくは90nm以下とする。

一方、上部保護層の膜厚は、通常10nm以上とする。CD-RWでは、上部保護層の膜厚は、好ましくは20nm以上、より好ましくは25nm以上である。RW-DVDでは、上部保護層の膜厚は、好ましくは15nm以上、より好ましくは18nm以上である。

上部保護層は、主に記録層と反射層の相互拡散を防止する。上部保護層が薄すぎると、記録層溶融時の変形等によって上部保護層が破壊されやすくなり、また記録層での放熱が大きくなりすぎて、記録に要するパワーが不必要に大きくなる（記録感度が低下する）傾向にある。特に本発明のように高倍速で記録を行おうとする場合、記録感度の低下は好ましいことではない。

一方、上部保護層が厚すぎると、保護層内部の温度分布が急峻になり、保護層自体の変形が大きくなり、この変形がオーバーライトにより蓄積されて媒体の変形を招くことがある。このような点から、CD-RWにおいては、上部保護層の膜厚は、通常60nm以下、好ましくは55nm以下、より好ましくは35nm以下とする。一方、RW-DVDにおいては、上部保護層の膜厚は、通常35nm以下、好ましくは30nm以下とする。

次に記録層について説明する。

CD-RWにおいては、記録層の膜厚は、通常10nm以上とするが、15nm以上とするのが好ましい。一方、RW-DVDにおいては、記録層の膜厚は、通常8nm以上とするが、15nm以上とするのが好ましい。記録層の厚みが薄すぎると、十分な光学的なコントラストが得られにくく、また結晶化速度が遅くなる傾向がある。また短時間での記録消去も困難となりやすい。

一方、記録層の膜厚は、通常40nm以下とする。CD-RWにおいては、記録層の膜厚は、30nm以下とするのが好ましく、25nm以下とするのがさらに好ましい。一方、RW-DVDにおいては、記録層の膜厚は、25nm以下とするのが好ましく、20nm以下とするのがさらに好ましい。記録層の膜厚が過度に厚いと、膜厚を薄くする場合と同様に光学的なコントラストが得にくくなり、また、記録層の熱容量が大きくなるために記録感度が悪くなることもある。さらにまた、相変化に伴う記録層の体積変化は、記録層が厚くなるほど大きくなるため、記録層が厚すぎると、繰返しオーバーライト時に保護層及び基板表面等に微視的な変形が蓄積され、ノイズの上昇につながることもある。

記録層及び保護層の厚みは、機械的強度や信頼性の面（特に繰返しオーバーライト耐久性）からの制限の他に、多層構成に伴う干渉効果も考慮して、レーザー光の吸収効率が良く、記録信号の振幅、すなわち記録状態と未記録状態のコントラストが大きくなるように選ばれる。

これらすべてのバランスを取りうる層構成としては、まず、上下の保護層の屈折率を2.0～2.3とする。そして、下部保護層膜厚 d_L 、記録層膜厚 d_R 、上部保護層膜厚 d_U とすると、 $CD-RW$ においては、 $15 \leq d_R \leq 25 \text{ nm}$ 、 $10 \leq d_U \leq 60 \text{ nm}$ とする。さらに、 d_L の値は、再生時の結晶状態に対する反射光 $R_{t.o.p}$ の d_L 依存性において、 d_L が60～120 nmの範囲内で $R_{t.o.p}$ の極小値から厚膜方向への次の極小値迄の間で $\partial R_{t.o.p} / \partial d_L \geq 0$ となるように制御することが望ましい。

一方、 $RW-DVD$ では、下部保護層膜厚 d_L 、記録層膜厚 d_R 、上部保護層膜厚 d_U とすると、 $10 \leq d_R \leq 20 \text{ nm}$ 、 $15 \leq d_U \leq 30 \text{ nm}$ とする。さらに、 d_L の値は、再生時の結晶状態に対する反射光 $R_{t.o.p}$ の d_L 依存性において、 d_L が50～100 nmの範囲内で $R_{t.o.p}$ の極小値から厚膜方向への次の極小値迄の間で $\partial R_{t.o.p} / \partial d_L \geq 0$ となるように制御することが望ましい。

本発明の光記録媒体は、従来の最高使用線速が4倍速又は10倍速である $CD-RW$ 媒体、又は2.4倍速程度までの $RW-DVD$ 媒体に比較して、反射層の放熱効果をさらに高めることが重要である。反射層の特性を調整し、さらに前記録層と組合せることによって、より容易に高線速及び低線速の両方での記録が可能となる。また、上記保護層として低い熱伝導率の材料を用いることを併用することによってより大きな効果を得ることができる。

非晶質の形成及び再結晶化過程と、反射層の放熱効果及び記録時線速度の関係を図4により説明する。

図4において横軸は記録線速度であり、左の縦軸は記録層を熔融し再凝固させたときの冷却速度を示したもので、この冷却速度 R が記録層材料で決まる臨界冷却速度 R_c より大きければ記録層は非晶質となり、非晶質マークが形成される。図4の左の縦軸において、記録層の結晶化速度を高めることは、 R_c が大きくなって上方に移動することを意味する。

前記録方式 $CD1-1$ 、 $1-2$ 、 $1-3$ のいずれかと、前記録方式 $CD2-1$ 、 $2-2$ 、 $2-3$ のいずれかとを併用して、光記録媒体に情報を記録する際の最小線速度と最大線速度とが2倍以上異なるような光記録媒体（例えば、最小線速度を基準線速度の8倍速、10倍速又は12倍速とし、最大線速度を基準線速度の24倍速として用いる光記録媒体や、最小線速度を基準線速度の8倍速、

10倍速、12倍速、又は16倍速とし、最大線速度を基準線速度の32倍速として用いる光記録媒体）を実現する場合の非晶質の形成と記録線速度との関係について、図4を用いて説明する。例えば、最小線速度が基準線速度の8倍速であり最大線速度が基準線速度の32倍速である場合、本発明の光記録媒体の記録層組成や層構成及び／又は本発明の記録方法を用いることによって、図4の曲線dのように全ての線速度において光記録媒体の冷却速度を R_c 以上とすることができるようになり、記録線速度が最小線速度と最大線速度とで2倍以上異なるような場合においても、光記録媒体へ非晶質の記録マークを良好に形成することができるようになる。

同様に、前記記録方式DVD1-1、1-2、1-3のいずれかと、前記記録方式DVD2-1、2-2、2-3のいずれかとを併用して、光記録媒体に情報を記録する際の最小線速度と最大線速度とが2倍以上異なるような光記録媒体（例えば、最小線速度を基準線速度の2倍速、2.5倍速又は3倍速とし、最大線速度を基準線速度の6倍速として用いる光記録媒体や、最小線速度を基準線速度の2倍速、2.5倍速、3倍速、又は4倍速とし、最大線速度を基準線速度の8倍速として用いる光記録媒体）を実現する場合の非晶質の形成と記録線速度との関係について、図4を用いて説明する。例えば、最小線速度が基準線速度の2倍速であり最大線速度が基準線速度の8倍速である場合、本発明の光記録媒体の記録層組成や層構成及び／又は本発明の記録方法を用いることによって、図4の曲線dのように全ての線速度において光記録媒体の冷却速度を R_c 以上とすることができるようになり、記録線速度が最小線速度と最大線速度とで2倍以上異なるような場合においても、光記録媒体へ非晶質の記録マークを良好に形成することができるようになる。

図4中の曲線aは、反射層の面積抵抗率が $0.6\Omega/\square$ より大きい従来構成のディスクに、図1の固定パルスストラテジーを適用した場合における記録層の冷却速度の記録線速度依存性の一例を表している。この光記録媒体と記録方法では、全ての線速度で冷却速度が R_c より小さいため、非晶質の記録マークを記録層に形成することはできない。

図4中の曲線bは、本発明の光記録媒体を実現するために、反射層を後述の放熱効果の高い組成のものに変えて放熱効果を高めた光記録媒体において、図1の

固定パルスストラテジーを適用した場合における記録層の冷却速度の記録線速度依存性の一例を表している。曲線 b は曲線 a の上方にあり、曲線 b を有する光記録媒体は、曲線 a で示される記録層の冷却速度の記録線速度依存性を有する光記録媒体と比較して、全ての記録線速度において非晶質マークが形成されやすくなることがわかる。

また、図 4 中の曲線 c は、上記従来層構成のディスクに後述の 2 T ペースの記録パルスストラテジー（記録パルス分割方式（I）～（I I I））を適用した場合の記録層の冷却速度の記録線速度依存性を表している。

さらに、図 4 中の曲線 d は、上記 Ge Sb Te 共晶系合金又は Ge Sb 共晶系合金を記録層に用いたディスクにおいて、後述の記録パルス分割方式（I）～（I I I）を適用した場合における記録層の冷却速度の記録線速度依存性の一例を表している。曲線 d は曲線 c の上方にあり、曲線 d を有する光記録媒体は、全ての記録線速度において非晶質マークが形成されやすくなることがわかる。

高線速度では、冷却速度が記録層非晶質化の臨界冷却速度 R_c より十分大きいために、非晶質形成に及ぼす反射層の放熱効果は顕著に影響しないが、低線速度では、全体として記録層冷却速度が低下する結果、冷却速度が R_c 近傍より低くなるために、非晶質形成に及ぼす反射層の放熱効果が顕著にあらわれるようになる。

一方、これら曲線は、記録層が消去パワー P_e の記録光によって非晶質状態のマークを再結晶化される場合の、記録層が結晶化温度以上に保持される時間 τ の逆数 $1/\tau$ の線速度依存性ともみなせる（図 4 中右側の縦軸）。この保持時間 τ が記録層材料で決まる臨界結晶化時間 τ_c より大きければ、つまり $1/\tau < 1/\tau_c$ であれば、非晶質マークは十分に再結晶化されて消去されることになる。本発明では、特に結晶化速度の速い前述のような記録層材料を用いているので、 τ は小さく、 R_c は大きくなる。

なお、CD-RW においては、3 T マークと 3 T スペースからなる単一周期信号を記録後、11 T マークと 11 T スペースからなる単一周期信号をオーバーライトしたときの 3 T マークの消去比が 20 dB 以上となるようにすれば、通常、 $1/\tau < 1/\tau_c$ となり、非晶質マークは十分に再結晶化されて記録マークの消去が良好に行われるようになる。

同様に、RW-DVDにおいては、3Tマークと3Tスペースからなる単一周期信号を記録後、14Tマークと14Tスペースからなる単一周期信号をオーバーライトしたときの3Tマークの消去比が20dB以上となるようにすれば、通常、 $1/\tau < 1/\tau_c$ となり、非晶質マークは十分に再結晶化されて記録マークの消去が良好に行われるようになる。

高い結晶化速度を有する前述のGeSbTe共晶系合金又はGeSb共晶系合金の記録層材料を用いることは、 τ_c を小さくして、高速、短時間消去を可能にすると一方で、 R_c も極めて高くなり、非晶質マークが形成しにくいという状態も生じ得る。

従って、本発明の光記録媒体においては、高線速でのオーバーライトで十分な消去ができるよう $1/\tau < 1/\tau_c$ を満足させると同時に、低線速での冷却速度を R_c より大きくするという相反する要求を満足させる曲線dのような特性を有することが重要である。このような媒体を得るために、各層の組成や厚さを選択し、後述の2Tベースのパルスストラテジーを用いる必要があるのである。

上記のような観点から、反射層の材料としては、熱伝導率が高く放熱効果が大いA1あるいはAgを主成分とする合金を用いるのが好ましい。反射層の比熱はA1やAgを主成分とする合金では純A1及び純Agに準じており、微量元素添加や薄膜化でほとんど変化しないと考えられる。従って放熱効果は反射層の熱伝導率と厚みに依存する。

一般には薄膜の熱伝導率はバルク状態の熱伝導率と大きく異なり、小さくなっているのが普通であり、薄膜を成膜する際の成膜初期の島状構造の影響で熱伝導率が1桁以上小さくなる場合もある。さらに、成膜条件によって結晶性や不純物量が異なるようになるため、例えばスパッタリングによる成膜に用いるターゲットを同じ組成としても、成膜条件により成膜される薄膜の熱伝導率は大きく異なる場合がある。

ここで、熱伝導の良否は電気抵抗を利用することによって見積もることができる。これは、金属膜のように、熱伝導もしくは電気伝導が主として電子移動によって行われる材料においては、熱伝導率と電気伝導率は良好な比例関係があるからである。薄膜の電気抵抗は、その膜厚や測定領域の面積で規格化された抵抗率値で表す。電気抵抗率のうち、体積抵抗率と面積抵抗率（比抵抗）は通常の4探

針法で測定でき、J I S K 7 1 9 4によって規定されている。この4探針法を用い、体積抵抗率及び面積抵抗率を測定することにより、薄膜の熱伝導率そのものを実測するよりもはるかに簡便かつ再現性の良く、薄膜の熱伝導率を見積もることができる。

反射層の放熱効果は熱伝導率と膜厚の積で示されるから、結局、放熱効果は面積抵抗率で規定できることとなる。

本発明においては、8倍速から24倍速程度や10倍速から32倍速程度の幅広い線速度でオーバーライト可能なC D - R W媒体を得るため、又は、4倍速から10倍速程度や4倍速から12倍速程度の幅広い線速度でオーバーライト可能なR W - D V D媒体を得るため、面積抵抗率を、通常 $0.55 \Omega/\square$ 以下、好ましくは $0.4 \Omega/\square$ 以下、より好ましくは $0.3 \Omega/\square$ 以下、特に好ましくは $0.2 \Omega/\square$ 以下、最も好ましくは $0.18 \Omega/\square$ とする。一方、反射層の放熱を良好とする観点から面積抵抗率は小さければ小さいほど好ましいが、面積抵抗率は、通常 $0.05 \Omega/\square$ 以上、好ましくは $0.1 \Omega/\square$ 以上とする。

また、好ましい反射層は、体積抵抗率 $150 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ 以下、特に $100 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ 以下を有する。一方、体積抵抗率の極端に小さい材料は薄膜状態では実質的に得にくいので、通常 $20 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ 以上である。上記面積抵抗率を $0.05 \sim 0.2 \Omega/\square$ の範囲にするためには、体積抵抗率を $20 \sim 40 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ と低くすることが望ましい。

反射層の厚さは、通常 40 nm 以上、好ましくは 50 nm 以上であり、一方、通常 300 nm 以下、好ましくは 200 nm 以下である。厚すぎると面積抵抗率を下げることはできても十分な放熱効果は得られないのみならず、記録感度が悪化しやすい。これは、膜厚が厚いと単位面積当たりの熱容量が増大することによって、放熱に時間がかかってしまうため、放熱効果がかえって小さくなるためと考えられる。また、このような厚膜では成膜に時間がかかり、材料費も増える傾向にある。また、膜厚が過度に薄いと、膜成長初期の島状構造の影響が出やすく、反射率や熱伝導率が低下することがある。

反射層の材料としてはA l 合金やA g 合金を挙げることができる。

本発明に適した反射層の材料をより具体的に述べると、A l にT a、T i、C o、C r、S i、S c、H f、P d、P t、M g、Z r、M o及びM nからなる

群から選ばれた少なくとも1種の元素を含むA1合金を挙げることができる。これらの合金を用いることにより、耐ヒロック性を改善することができるので、これら合金は、耐久性、体積抵抗率、成膜速度等考慮して用いることができる。上記元素の含有量は、通常0.1原子%以上、好ましくは0.2原子%以上、一方、通常2原子%以下、好ましくは1原子%以下である。A1合金に関しては、添加不純物量が少なすぎると、成膜条件にもよるが、耐ヒロック性は不十分であることが多い。また、添加不純物量が多すぎると低い抵抗率が得られにくい。

A1合金として、Siを0~2重量%、Mgを0.5~2重量%、Tiを0~0.2重量%含有するA1合金を使用することもできる。Siは微細剥離欠陥を抑制するのに効果があるが、含有量が多すぎると経時的に熱伝導率が変化することがあるので、通常2重量%以下、好ましくは1.5重量%以下とする。またMgは、反射層の耐食性を向上させるが、含有量が多すぎて経時的に熱伝導率が変化することがあるので、通常2重量%以下、好ましくは1.5重量%以下とする。Tiは、スパッタリングレートの変動を防ぐという効果があるが、含有量が多すぎると、熱伝導率を低下させるとともに、Tiがミクロレベルで均一に固溶したバルクの casting が困難となりターゲットコストを上昇させるので、通常0.2重量%以下とする。

また、反射層材料の他の好ましい例としては、AgにTi、V、Ta、Nb、W、Co、Cr、Si、Ge、Sn、Sc、Hf、Pd、Rh、Au、Pt、Mg、Zr、Mo及びMnからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含むAg合金を挙げることができる。経時安定性をより重視する場合には添加成分としてはTi、Mg又はPdが好ましい。上記元素の含有量は、通常0.1原子%以上、好ましくは0.2原子%以上、一方、通常2原子%以下、好ましくは1原子%以下である。

本発明においては、このような高熱伝導率な反射層材料を用いることにより、300nm以下の比較的薄い反射層であって、面積抵抗率が0.2~0.55Ω/□と適切に小さい範囲の反射層とすることができる。さらに、少なくとも、添加元素を2原子%以下とし、下記のように成膜レート及び真空度に留意して、成膜時に不可避免的に混入する酸素等の不純物原子を概ね1原子%以下として、体積抵抗率を20~40nΩ・mとし、膜厚を100nm以上、好ましくは150nm